



Sérgio Filipe Costa Lobo Torres

Licenciado em Bioquímica

Levantamento de Métodos e Tempos das Linhas Automáticas de Produção de Salgados e Doces

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Tecnologias de Produção e Transformação Agro-Industrial

Orientador: Fernando José Cebola Lídón, Professor Catedrático, FCT-UNL

Co-orientadores: Manuel José Simões Paiva Madeira Serôdio, Diretor Geral,
Eurofrozen S.A.
Maria Manuela Abreu Silva, Professora Doutora, GeoBioTec

Júri:

Presidente: Maria Manuela Malhado Simões Ribeiro, Professora Auxiliar,
FCT-UNL

Vogais: Doutora Elsa Margarida Nunes Leal Gonçalves, Investigadora
Auxiliar, INIAV
Manuel José Simões Paiva Madeira Serôdio, Diretor Geral,
Eurofrozen S.A.



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro, 2019



Sérgio Filipe Costa Lobo Torres

Licenciado em Bioquímica

Levantamento de Métodos e Tempos das Linhas Automáticas de Produção de Salgados e Doces

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Tecnologias de Produção e Transformação Agro-Industrial

Orientador: Fernando José Cebola Lidon, Professor Catedrático, FCT-UNL

Co-orientadores: Manuel José Simões Paiva Madeira Serôdio, Diretor Geral,
Eurofrozen S.A.
Maria Manuela Abreu Silva, Professora Doutora, GeoBioTec

Júri:

Presidente: Maria Manuela Malhado Simões Ribeiro, Professora Auxiliar,
FCT-UNL

Vogais: Doutora Elsa Margarida Nunes Leal Gonçalves, Investigadora
Auxiliar, INIAV
Manuel José Simões Paiva Madeira Serôdio, Diretor Geral,
Eurofrozen S.A.



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro, 2019

Levantamento de Métodos e Tempos das Linhas Automáticas de Produção de Salgados e Doces

Copyright© Sérgio Filipe Costa Lobo Torres, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Desde já começo por manifestar os meus agradecimentos ao Professor Doutor Fernando Lídón, à Professora Doutora Maria Manuela, ao Eng. Manuel Serôdio e ao Eng. Jorge Almodovar pela oportunidade de estágio que me foi concedida e por todos os princípios e ensinamentos que me foram transmitidos. A realização deste trabalho permitiu-me crescer de uma forma profissional e estimulou a minha visão crítica para a resolução de problemas. Um grande obrigado por toda a confiança depositada em mim.

A toda a equipa da Eurofrozen S.A. que me acolheu de braços abertos e que me ajudou em todos os aspectos possíveis. Um grande obrigado ao Eng. Nuno Mendes por todo o apoio prestado em qualquer situação e por não se ter cansado em me ajudar! Foste uma peça fulcral na realização deste trabalho, sem a tua ajuda teria duvidado do meu instinto na maioria situações e nunca se teria alcançado nem metade dos objectivos propostos. Haja paciência para me aturar! Um grande obrigado à Sandra Teixeira pelas brincadeiras e por me fazer sentir à vontade pelo escritório, não esquecendo toda a ajuda prestada à volta dos montes de registos de produção e pela paciência que foram as “piscinas” para os ir buscar. Um especial obrigado ao António Dias por me ter prestado auxílio na compreensão do funcionamento mecânico das diversas unidades automáticas, um aspecto chave para a realização deste trabalho, e pela orientação prestada em múltiplas situações. Quero também agradecer à Eng. Joana Rosa, à Eng. Susana Busca e à Eng. Alexandra Duarte por todo o apoio prestado, sem esquecer todas as pessoas dos restantes departamentos que contribuíram para esta experiência que foram os últimos meses.

A toda a minha família que me apoiou no decurso da minha vida e que me permitiu continuar a fazer o que eu aspiro. Sem vocês não teria nenhum lado para me voltar. Agradeço do fundo do meu coração.

A todos os meus amigos. Ao Bernardo Ponte, ao Gonçalo Arco e ao Bernardo Celti Matos, um muito obrigado pelas maluquices memoráveis que ficarão para sempre gravadas nas nossas memórias e por terem influenciado o crescimento que resultou na pessoa que eu sou hoje. Que estes momentos nunca acabem, e obrigado por me aturarem nestes últimos tempos!

Ao Alexander Campbell, camarada e amigo desde os primórdios do tempo! A tua personalidade carismática e inspiradora diz tudo. Obrigado por teres sido o companheiro de mais de uma década que me suportou até nas piores alturas. A tua pessoa sempre me inspirou a ser mais e melhor, e neste trabalho isso não foi excepção.

À Team Coca! Não existe maneira de descrever o meu agradecimento por todo o apoio que me deram e por todos os momentos partilhados ao longo destes últimos seis anos. Um grande obrigado ao

Ricardo Barras, ao Diogo Carregosa, ao Rúben Guerreiro, ao Miguel Bernardo, à Catarina Barbosa e à Cláudia Freitas, sem vocês o meu percurso académico e pessoal teria sido centenas de vezes mais desagradável.

Por fim, tenho que agradecer à pessoa que mais teve impacto a nível pessoal e que nunca fez desistir de mim. Sara Machado, sem ti nunca teria a capacidade de funcionamento ou a confiança que demonstrei nos últimos tempos. Muito obrigado, não só por teres sido alguém que fortaleceu a minha sanidade mental, mas por teres sido um ombro que me ajudou a carregar os meus pesos nos últimos dois anos, mesmo que não o saibas. Não há palavras capazes de descrever a minha gratidão, sem ti nada disto teria sido possível.

Resumo

O aumento da competitividade a nível nacional e global direccionou as empresas dos diversos sectores industriais na procura de diferentes estratégias que lhes facultem alguma vantagem sobre a concorrência. A implementação de sistemas de gestão que visam a qualidade e a redução de desperdícios é um dos métodos aplicados pelos fabricantes para aumentar os seus ciclos de vida e a manter as suas quotas num mercado extremamente competitivo onde os consumidores são cada vez mais exigentes. Considerando este enquadramento, o objectivo deste trabalho focou-se na análise e na recolha de dados relativos às linhas de produção automáticas de produtos salgados e doces da Eurofrozen S.A., uma empresa que integra a produção de refeições pré-confeccionadas e ultracongeladas. Estas linhas são responsáveis pela produção e moldagem dos constituintes de massa folhada que constituem os produtos em questão. Produziu-se uma instrução de trabalho relativa às diversas etapas produtivas que constituem a fase de empratamento destes produtos. Desta forma, foi possível expor e registar algumas discrepâncias à medida que se ia recolhendo informação. Acompanharam-se as temperaturas da massas base e da margarina utilizadas na confecção dos produtos em questão, dois aspectos críticos capazes de causar oscilações no processo produtivo que não eram controlados. A diferença entre a temperatura mais alta e mais baixa que a massa e a margarina apresentaram entre os meses de fevereiro e julho alcançou os 10 °C. Adicionalmente, definiu-se uma estratégia de controlo concreta para os caracóis de massa em que a frequência se encontrava bem estabelecida ao longo da produção através da recolha de dados sobre a variação associada ao funcionamento normal da Rademaker II. Para tal, realizaram-se diversas pesagens ao longo das produções de caracóis de massa empregues na produção de pastéis de nata com 65g em que os parâmetros de trabalho se mantiverem inalterados ao longo da produção. Em condições inalteradas, os pesos dos caracóis de massa variaram desde 0,2 a 1 g por produção, sendo que a média de variação foi cerca de $0,5 \pm 0,2$ g. Verificou-se que o fabrico de produtos à base de massa folhada realizado na Eurofrozen S.A. é um processo complexo que apresenta algumas variáveis que carecem de controlo. A variabilidade das temperaturas dos ingredientes introduzidos na linha de produção constituíam um obstáculo à optimização dos parâmetros de trabalho introduzidos nas unidades automáticas e à obtenção de um produto homogéneo ao longo do período de produção anual. Este controlo permite a elaboração de produtos progressivamente mais uniformes e consistentes, um dos elementos que influencia profundamente a decisão de compra por parte do consumidor.

Palavras-chave: Controlo de qualidade; Empada; Massa folhada; Optimização de parâmetros de produção; Pastel de nata; Produção autónoma.

Abstract

Increasing competitiveness at national and global levels has led companies from different industrial sectors to look for different strategies that gives them some edge over competition. Implementing quality management and waste management systems is one of the methods that manufacturers use to extend their life cycles and maintain their quotas in an extremely competitive market where consumers are increasingly demanding. Framing this theme, the objective of this work focused on the analyzes and data collection concerning the automatic production lines of salty and sweet products of Eurofrozen S.A., a company that integrates the production of frozen pre-cooked meals. These lines are responsible for the production and molding of the puff pastry constituents that constitute the products in question. A work instruction was created concerning the various production stages that constitute the phase of employment of these products. Thus, it was possible to expose some discrepancies as information was collected. The temperatures of the base dough and margarine used in the manufacture of the products were accompanied, two critical aspects capable of causing uncontrolled oscillations in the production process. The difference between the highest and lowest temperatures that the dough and the margarine presented between February and July reached 10 °C. Additionally, a concrete control strategy was defined for dough curls where the frequency was well established throughout production by collecting data on the variation associated with the normal operation of Rademaker II. For this, several weighings were carried out during the production of dough curls employed in the production of 65 g custard tarts in which the working parameters remain unchanged throughout the production. Under unchanged conditions, the weights of the dough curls ranged from 0.2 to 1 g per production, with the average variation being about 0.5 ± 0.2 g. It has been recognized that the manufacture of puff pastry products at Eurofrozen S.A. is a complex process with some variables that need to be controlled. The variability in temperature of the ingredients introduced in the production line has been an obstacle to the optimization of the working parameters introduced in the automatic units and to the production of a homogeneous product over the annual production period. This control allows for the development of progressively more uniform and consistent products, one of the elements that profoundly influences the consumer's decision to buy.

Keywords: Autonomous production; Custard tart; Optimization of production parameters; Pie Puff pastry; Quality control.

Índice

AGRADECIMENTOS.....	III
RESUMO	VII
ABSTRACT	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABELAS	XVII
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XIX
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	3
1.1. NECESSIDADE DE MELHORIA NO SEGMENTO INDUSTRIAL.....	3
1.1.1. <i>Objectivos</i>	5
1.2. EUROFROZEN S.A.....	6
1.2.1. <i>Qualidade e Segurança Alimentar</i>	6
1.2.1.1. <i>Certificações</i>	7
1.2.2. <i>Organização das instalações</i>	8
1.2.3. <i>Confeção dos constituintes de massa folhada</i>	9
1.2.3.1. <i>Rademaker I e II</i>	10
CAPÍTULO II.....	13
2. MASSA FOLHADA	15
2.1. <i>Água</i>	17
2.2. <i>Farinha de trigo</i>	18
2.3. <i>Margarina</i>	21
2.4. <i>Sal</i>	23
CAPÍTULO III	25
3. FAMÍLIAS DE PRODUTOS ALIMENTARES	27
2.1. <i>Caracterização dos produtos</i>	28
2.3. <i>Fluxograma de produção</i>	31
CAPÍTULO IV.....	37
4. INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE OS EQUIPAMENTOS.....	39
4.1. <i>Características das peças de massa folhada</i>	39
4.2. <i>Funcionamento da Rademaker II</i>	40
4.2.1. <i>Secções I e II</i>	43
4.2.1.1. <i>Cortador e Extrusora</i>	43

4.2.1.2. Bomba de Gordura	45
4.2.1.3. Aranha / rolos guia.....	46
4.2.1.4. Segmento de laminagem e dobragem.....	47
4.2.1.4.1. Laminador.....	47
4.2.1.4.2. Dobrador.....	49
4.2.2. Secção III.....	52
4.2.2.1. Rolo transversal.....	53
4.2.2.2. Calibradores	53
4.2.3. Linha Universal.....	55
4.2.3.1. Cortadores rotativos	56
4.2.3.2. Rolos cónicos.....	56
4.3. Funcionamento da Rademaker I	60
4.3.1. Tapete transportador de pratos.....	61
4.3.2. Depositador de formas	61
4.3.3. Bloqueador e sistema de saída.....	62
4.3.4. Depositador ponto a ponto	64
CAPÍTULO V.....	67
5. ANÁLISE DAS LINHAS DE PRODUÇÃO	69
5.1. Controlo das condições de produção	70
5.1.1. Controlo das temperaturas.....	72
5.1.1.1. Temperatura da massa	72
5.1.1.2. Temperatura da margarina	76
.....	78
5.1.1.3. Razão peso total / margarina	78
5.1.1.4. Controlo de peso	80
5.2. Rademaker II – Qualidade de produção.....	84
5.3. Rademaker II – Receitas.....	86
5.4. Reaproveitamento de aparas.....	88
5.4.1. Confecção de doses de massa base	88
5.4.1. Quadrados de massa	90
CAPÍTULO VI.....	91
6. CONCLUSÕES	93
BIBLIOGRAFIA	95

Índice de Figuras

<i>Figura 1.1.</i> – Lote e instalações da Eurofrozen (adaptado de Google Maps, 2019).....	9
<i>Figura 1.2.</i> – Rademaker II (imagem superior) e Rademaker I (imagem inferior).....	11
<i>Figura 1.3.</i> – Peças de massa produzidas na Rademaker II. Designações da esquerda para a direita: caracol; quadrado e tampa de massa.....	12
<i>Figura 2.1.</i> – Fenómeno de expansão da massa folhada. As camadas castanhas representam a massa base e as camadas amarelas representam a margarina. As setas azuis demonstram a pressão exercida entre as camadas de massa por parte do vapor de água gerado durante o aquecimento. De notar que a expansão ocorre entre as camadas de massa, sendo que a massa em si mantém a sua estrutura (adaptado de Ooms <i>et al.</i> , 2016).....	16
<i>Figura 2.2.</i> – Configuração estrutural das cadeias de glucose constituintes das amilopectinas (A) e das amiloses (B) (adaptado de Zobel, 1988).....	19
<i>Figura 2.3.</i> – Desenvolvimento da estrutura de glúten durante o processo de mistura da farinha de trigo com a água (retirado de Ortolan & Steel, 2017).....	21
<i>Figura 3.1.</i> – Pastel de nata 65 g (imagem da esquerda) e empada de galinha com 55 g (imagem da direita). Ambas as imagens foram recolhidas antes dos produtos serem transferidos para os túneis de congelação.....	29
<i>Figura 3.2.</i> – Diagrama da forma de alumínio utilizada como recipiente para os alimentos. Evidenciam-se as respectivas dimensões em milímetros. Cada forma tem um peso unitário de 1 g.....	29
<i>Figura 3.3.</i> – Fluxograma simplificado de produção dos pastéis de nata e das empadas produzidas na Eurofrozen S.A.....	31
<i>Figura 4.1.</i> – Mapa informativo das unidades da Rademaker II. Estas estão ordenadas alfabeticamente na figura de forma correspondente à sua posição na linha de produção (adaptado de Rademaker, 2008).....	42
<i>Figura 4.2.</i> – Diagrama dos constituintes do cortador. Na figura encontra-se representado os dois rolos e as respectivas secções de lâminas de corte que constituem a unidade. As setas realçadas representam a direcção do movimento rotativo de cada rolo (adaptado de Rademaker, 2008).....	43
<i>Figura 4.3.</i> – Diagrama dos componentes da extrusora. A seta realçada representa a direcção em que a folha de massa flui através do aparelho (adaptado de Rademaker, 2008).....	44
<i>Figura 4.4.</i> – Diagrama dos componentes da bomba de gordura. Na figura não se encontra representado o aspecto dos parafusos de alimentação. Contudo, a localização destes é indicada pela seta (adaptado de Rademaker, 2008).....	45
<i>Figura 4.5.</i> – Diagrama dos componentes do laminador. A seta realçada representa a direcção em que o invólucro de massa com margarina flui através do aparelho quando este se encontra em funcionamento (adaptado de Rademaker, 2008).....	48

<i>Figura 4.6.</i> - Diagrama dos componentes do dobrador. A linha com seta dupla representa a direcção do movimento da placa de laminação vertical durante o seu funcionamento. Os tapetes de transporte primários dos dobradores são equivalentes aos tapetes de transporte secundários dos laminadores antecedentes (adaptado de Rademaker, 2008).....	50
<i>Figura 4.7.</i> – Comparação entre as camadas obtidas após os sistemas contínuos de laminação vertical, que não são sobrepostas de forma exacta (esquerda), e as dobras realizadas por um dos métodos manuais simples, que origina camadas sobrepostas de forma exacta (direita). A seta da ilustração da esquerda representa a direcção em que se move a folha de massa após ser depositada pelo sistema de laminação vertical. As setas da ilustração da direita representam os movimentos de dobragem aplicado sobre a folha de massa utilizando um método manual simples.....	51
<i>Figura 4.8.</i> – Exemplo ilustrativo das camadas depositadas pelos sistemas de laminação vertical quando programados para gerarem 4 camadas. A seta representa a direcção em que o conjunto de massa flui depois de ser depositado. As secções das dobras que se encontram evidenciadas a negrito correspondem a regiões em que se encontram depositadas duas camadas.....	51
<i>Figura 4.9.</i> – Diagrama dos componentes do calibrador. Na figura não se encontra representado o controlador de saída e o tapete de transporte secundário. A seta realçada representa a direcção em que a folha de massa flui através da unidade quando se encontra em funcionamento (adaptado de Rademaker, 2008).....	54
<i>Figura 4.10.</i> – Enrolamento das duas tiras de massa nos rolos cónicos durante a produção de caracóis de massa folhada.....	57
<i>Figura 4.11.</i> – Lâmina de formas utilizada na produção de tampas de massa. Esta é composta por duas fiadas de sete moldes que correspondem a uma porção das tampas. Os moldes encontram-se separados verticalmente por uma distância de 1cm e horizontalmente por uma distância de 1,5cm.....	58
<i>Figura 4.12.</i> – Funcionamento do sistema de remoção de desperdícios. É possível visualizar a formação da rede de massa, e consequentemente a formação de uma vasta quantidade de desperdício. Caso os parâmetros de trabalho da Rademaker II não se encontrem devidamente ajustados, a folha de massa não irá apresentar uma largura óptima de trabalho ao processamento na guilhotina à saída da secção III. Neste caso, a folha de massa não possui a largura mínima para ser processada por todos os moldes da lâmina de formas, originando tampas incompletas que são consideradas desperdício. Apesar de raro, este fenómeno encontra-se evidenciado na figura.....	59
<i>Figura 4.13.</i> – Disposição das principais unidades constituintes da Rademaker I.....	60
<i>Figura 4.14.</i> – Depositador de formas.....	62
<i>Figura 4.15.</i> – Fileira de moldes e contra-moldes que constituem o bloqueador. As características e dimensões destes componentes foram desenhadas pela Rademaker BV de acordo com as especificações de produção requisitadas.....	63
<i>Figura 4.16.</i> – Depositador ponto a ponto em funcionamento. O conjunto de cilindros pneumáticos não é visível na ilustração.....	64

<i>Figura 5.1.</i> – Esquema dos diferentes elementos capazes de influenciar a qualidade do processo produtivo, e consequentemente do produto final. A simbologia evidenciada na figura distingue os pontos que actualmente são alvo de controlo dos que não são.....	71
<i>Figura 5.2.</i> – Espectro de temperaturas máximas e mínimas da massa base entre várias produções. Os valores apresentados são resultado da avaliação de 42 produções independentes com várias leituras por produção. As linhas horizontais representam a gama de temperaturas aceitável definidas para a massa base.....	73
<i>Figura 5.3.</i> – Médias mensais das temperaturas das massas base. Os desvios padrão encontram-se representados na figura.....	73
<i>Figura 5.4.</i> – Espectro de temperaturas máximas e mínimas da margarina entre várias produções. Os valores apresentados são resultado da avaliação de 42 produções independentes com várias leituras por produção. As linhas horizontais representam a gama de temperaturas aceitável definidas para a margarina.....	77
<i>Figura 5.5.</i> – Médias mensais das temperaturas da margarina. Os desvios padrão encontram-se representados na figura.....	78
<i>Figura 5.6.</i> – Qualidade da massa após o primeiro laminador caso a formação do invólucro seja realizado de uma forma heterogénea.....	85
<i>Figura 5.7.</i> – Caracóis de massa colocados no interior das formas de alumínio previamente à etapa de moldagem automática na Rademaker I.....	86
<i>Figura 5.8.</i> – Amostras de pastéis de nata utilizadas na prova sensorial. Estes foram confeccionados com recurso a massa folhada obtida através de diferentes receitas (de cima para baixo – receita sem aparas; receita de reaproveitamento de aparas habitual e receita de reaproveitamento de aparas reestruturada).....	89

Índice de Tabelas

<i>Tabela 1.1.</i> – Ingredientes utilizados no fabricado de massa folhada na Eurofrozen S.A.....	10
<i>Tabela 3.1.</i> – Sistema de categorização dos produtos aplicado na Eurofrozen, S.A. A respectiva família e subcategoria onde se enquadram os pastéis de nata e as empadas cujas produções foram alvo de estudo encontram-se evidenciadas na tabela.....	27
<i>Tabela 4.1.</i> – Respectivas unidades da linha universal utilizadas na produção de caracóis, quadrados ou tampas de massa folhada.....	55
<i>Tabela 5.1.</i> – Médias das larguras das folhas de massa e margarina em quatro produções independentes. Os valores obtidos também permitiram calcular a posição do centro das folhas em relação a um dos lados do tapete de transporte.....	80
<i>Tabela 5.2.</i> – Média das pesagens dos caracóis de massa com 50g em 9 produções independentes. Os valores nas casas das dezenas e centenas foram alterados devido a serem dados particulares da produção da Eurofrozen S.A. Contudo, esta alteração de nada afecta os resultados e as relações que estes mantiveram entre si.....	83
<i>Tabela 5.3.</i> – Média das dimensões dos caracóis de massa com 50g em 9 produções independentes. Os valores nas casas das dezenas foram ocultados devido a serem dados particulares da produção da Eurofrozen S.A. Contudo, esta alteração de nada afecta os resultados e as relações que estes mantiveram entre si.....	87

Lista de Abreviaturas

6S – *Six Sigma*

FSSC – *Food Safety System Certification*

FSMS – *Food Safety Management System*

GFSI – *Global Food Safety Initiative*

HACCP – *Hazard Analysis and Critical Control Point*

HMW-GSs – *High Molecular Weight - Glutenin Subunits*

LM – *Lean Management*

LMW-GSs – *Low Molecular Weight – Glutenin Subunits*

TQM – *Total Quality Management*

MC – *Melhoria Contínua*

SQG – *Sistema de Gestão de Qualidade*

UHT – *Ultra High Temperature*

Capítulo I

Objectivos e Caracterização da Empresa

1. Introdução

1.1. Necessidade de melhoria no segmento industrial

O aumento da competitividade a nível nacional e global direccionou as empresas dos diversos sectores industriais na procura de diferentes estratégias que lhes facultem alguma vantagem sobre a concorrência. A implementação de sistemas de gestão que visam a qualidade e a redução de desperdícios é um dos métodos aplicados pelos fabricantes para aumentar os respectivos ciclos de vida, e a manter as suas quotas num mercado extremamente competitivo, onde os consumidores são cada vez mais exigentes. Neste sentido, o conceito de “melhoria contínua” (MC) vem sendo largamente debatido por diversos autores, sendo ainda implementado em diversas configurações industriais.

A Indústria Alimentar, que enquadra a produção de alimentos, ou de componentes de alimentos, concede valor ao cliente através da transformação de matérias-primas em produtos alimentares com recurso a diversos sistemas, que podem gerar desperdício (Bahrin *et al.*, 2016). O controlo das etapas produtivas, e a eliminação progressiva destes desperdícios, podem maximizar o valor do produto e transmiti-lo ao cliente. O cumprimento destes objectivos pode ser ainda apoiado pelas práticas da ideologia de melhoria contínua, uma cultura organizacional de melhoria progressiva que envolve todos os ramos hierárquicos, e que visa a eliminação de desperdícios, assim como a melhoria de todos os sistemas abrangentes, sem a necessidade de grandes investimentos (Bhamu & Singh, 2014).

Actualmente existem diversos sistemas de gestão de qualidade (SGQ) onde este conceito se insere, destacando-se os: *Total Quality Management* (TQM); *Six Sigma* (6S); *Lean Manufacturing* (LM); *Balanced Scoreboard* e *Lean 6S*. Contudo, de uma forma geral, esta ideologia é largamente aplicada em diferentes empresas e organizações, independentemente do modelo de gestão implementado. As práticas que o envolvem podem manifestar-se de forma espontânea ou por simples necessidade: equacionando-se discrepâncias que surjam nos sistemas, constituindo assim problemas bem definidos e que necessitam de ser posteriormente resolvidos, por meio de sugestões apuradas via pensamento critico sem que haja a ocorrência de problemas (Lodgaard *et al.*, 2016).

No que concerne à capacidade de influência no sistema, as melhorias implementadas podem ser categorizadas em duas classes distintas: evolucionárias e revolucionárias. Melhorias evolucionárias são categorizadas como pequenas mudanças implementadas a um ritmo regular e que são capazes de afectar o sistema de progressão progressivamente. Aponte-se que são estes tipos de melhorias que ocorrem com maior frequência em ambientes industriais, sendo que, de uma forma generalizada, o crescimento e o desenvolvimento dos diversos sistemas ocorrem por mérito destas. As melhorias revolucionárias surgem

de ideias inovadoras ou de tecnologias recentes (que podem exigir largos investimentos) ou ainda da acumulação de várias melhorias evolucionárias de pequena escala (Singh & Singh, 2015).

Tal como noutros processos que envolvem algum tipo de mudança, a implementação de melhorias e a sua continuidade estão associadas a uma parcela de obstáculos que podem levar ao fracasso, na maioria dos casos de natureza organizacional e administrativa. Torna-se, portanto, fundamental a existência de um ambiente que desenvolva o trabalho em equipa entre departamentos e hierarquias. O envolvimento da administração é capaz de motivar os funcionários, tendo por alvo com o seu conhecimento e habilidades um objectivo comum (Paraschivescu & Cotîrleţ, 2015). Para tal, é necessário a criação de cadeias de informação onde ideias e resultados são partilhados e debatidos. No entanto, os factores que mais dificultam a implementação de uma ideia são a sua continuidade e propagação organizacional. Apesar de se atingirem melhorias significativas a curto prazo, o processo tende a fragmentar caso este não seja constantemente acompanhado e adaptado a condições adversas que possam surgir inesperadamente. Além disso, a alteração deve ser comunicada a todas as unidades envolvidas e registada como padrão. Consistindo num processo cíclico, o registo de todas as alterações e observações efectuadas também retém uma função crucial. O estudo dos diversos resultados permite avaliar a eficácia das alterações efectuadas e confere conhecimentos que podem ser aplicados em data posterior (Lodgaard *et al.*, 2016).

De uma forma sucinta, é assim possível reportar que esta ideologia se baseia em três pontos essenciais, independentemente da estratégia de gestão implementada (Paraschivescu & Cotîrleţ, 2015):

- **Importância do cliente / consumidor** – a dinâmica competitiva determina que o cliente é que estipula o valor / preço do produto.
- **Necessidade de controlo dos diferentes sistemas produtivos** – torna-se essencial conhecer a dinâmica das diferentes etapas produtivas, aplicando esse conhecimento através da implementação de alterações e pontos de controlo capazes de reduzir custos, aumentar rendimentos e melhorar a qualidade do produto final.
- **Cadeia de Qualidade** – consiste na ligação, comunicação e funcionamento entre os vários departamentos inter-relacionados dentro e fora da empresa para atingir os objectivos estabelecidos.

1.1.1. Objectivos

Equacionando-se o conceito da melhoria contínua, em particular focando a necessidade de controlo das diferentes etapas produtivas, o objectivo deste trabalho assumiu como alvo a análise e a recolha de dados relativos às linhas de produção automáticas de produtos salgados e doces da Eurofrozen S.A. Estas linhas são responsáveis pela produção e moldagem dos constituintes de massa folhada que constituem os produtos em questão.

O conhecimento associado a estas linhas de produção encontrava-se parcialmente centralizado nos operadores e nos respectivos manuais de operação das diferentes unidades automáticas. Este conhecimento abrangia o funcionamento das respectivas unidades, os parâmetros de trabalho utilizados e as metodologias de trabalho aplicadas. Contudo, de uma forma regular, os operadores realizavam alterações nos parâmetros das unidades face a situações que não representavam um problema que necessitasse de ser corrigido, revelando que, apesar de possuírem algum conhecimento, este poderia não ser o mais correcto, ou em certos casos inexistente. Adicionalmente, existia uma falta de registos e de instruções de trabalho associados a este conhecimento, sendo que os únicos registos implementados aludiam ao controlo de qualidade ou parcialmente a algumas etapas produtivas. No entanto, apesar deste conhecimento não se encontrar descrito em forma de registos, existia uma cadeia de informação entre os diversos operadores e funcionários que comunicavam estas noções entre si.

Neste contexto, pretendeu-se assim estudar e realizar um levantamento de dados sobre o funcionamento e os parâmetros de trabalho das diferentes unidades automáticas. Apesar de existirem vários produtos fabricados com recurso às mesmas unidades, procedeu-se em particular à análise da produção das peças de massa folhada que constituem os pastéis de nata e as empadas uma vez que são produzidos em quantidades muito superiores em comparação com os restantes produtos. Adicionalmente, também se procedeu ao estudo das diferentes variantes, condições e metodologias implementadas capazes de influenciar a qualidade e fluidez da produção em geral. A recolha destes dados permite a criação de um repositório de informação que pode ser utilizado como prelúdio a um processo de optimização das linhas de produção, realizado através do ajuste dos parâmetros da maquinaria, da criação de pontos de controlo e da redução da quantidade de desperdício gerada. Este controlo permite a elaboração de produtos progressivamente mais uniformes e consistentes, um dos elementos que influencia profundamente a decisão de compra por parte do consumidor.

1.2. Eurofrozen S.A.

A Eurofrozen – Indústria e Comércio de Produtos Alimentares, S.A. é uma empresa de natureza produtiva, que tem como actividade principal o fabrico e a comercialização de uma vasta gama de refeições e componentes de refeições pré-cozinhadas e ultracongeladas. Constituída inicialmente em 1985, sob a denominação social de “Salgadus”, a empresa foi alvo de várias mudanças e reestruturações até aos dias de hoje, adaptando simultaneamente os seus produtos às tendências do mercado através da criação de novas linhas de produtos (Cozinha Pronta; FoodService) que promoveram o aumento do volume de negócios e o crescimento da empresa. Em 2007, a maioria do capital foi adquirido pelo Grupo Hipogest e pelo Grupo Caixa Geral de Depósitos. No entanto, a Eurofrozen foi adquirida pela Audens Group e, juntamente com outras empresas alimentares, faz parte do seu grupo empresarial desde 2018.

Actualmente, a produção desta empresa insere-se num sector de mercado que apresenta um forte crescimento em virtude de uma população com uma vida profissional progressivamente mais activa. Longas horas de trabalho, juntamente com a vontade de poupar tempo, influenciam principalmente a dieta alimentar de residentes de áreas urbanas de países desenvolvidos e em desenvolvimento que procuram uma alternativa a refeições caseiras que necessitam de tempo para confecção. Consequentemente, a procura de alimentos e de refeições pré-preparadas tem vindo a aumentar nos últimos anos (ECSIP Consortium, 2016). A nível global, as refeições prontas congeladas apresentaram um crescimento em volume de 6,7 % em 2018, o maior nível de crescimento exibido desde 2015 (ANIL, 2018).

Os vários produtos fabricados pela empresa são distribuídos em seis categorias distintas: refeições de peixe – bacalhau à brás, bacalhau com natas e outros pratos de peixe; refeições de carne – arroz de pato, empadão, pratos de frango e de carne; acompanhamentos – esparregado e açorda; doces – pastéis de nata; massas e pasteis salgados – massa folhada, empadas, rissóis, pasteis de bacalhau e croquetes.

1.2.1. Qualidade e Segurança Alimentar

A emergência de doenças transmissíveis por alimentos e a exposição de múltiplos escândalos alimentares mobilizaram o interesse dos consumidores para os tópicos da segurança e qualidade alimentar. O aumento das exigências relacionadas com esta matéria, seja por clientes ou decorrente da legislação, provocaram uma mudança nos padrões de segurança e qualidade do sector alimentar, público e privado, através da proliferação e implementação de *Food Safety Management Systems* (FSMSs), sistemas que definem objectivos relacionados com a segurança alimentar e que implementam conjuntos de políticas que visam atingir esses objectivos (Rafeeque & Sekharan, 2018).

Neste contexto, o sistema de segurança implementado na Eurofrozen S.A. baseia-se nos princípios da *Hazard Analysis and Critical Control Points* (HACCP). Este método de abordagem identifica os riscos físicos, químicos e microbiológicos nos diferentes processos produtivos, capazes de colocar o produto e o consumidor em risco, constituindo em simultâneo medidas que são capazes de reduzir esses riscos para níveis aceitáveis (Herath & Henson, 2010). Adicionalmente, a implementação deste sistema permite o controlo e a rastreabilidade de todas as etapas do processo produtivo, garantindo-se assim a qualidade e a segurança alimentar. Como resultado, reduz-se o risco de reclamações e promove-se a confiança do consumidor.

Sendo a segurança alimentar uma prioridade, a Eurofrozen S.A. é uma empresa alimentar que se compromete no fabrico de produtos com um elevado nível de qualidade organoléptica e nutricional, limitando o uso de componentes alergénicos e/ou geneticamente alterados sempre que possível.

1.2.1.1. Certificações

A certificação do sistema de segurança implementado demonstra o interesse e responsabilidade corporativa que a empresa detém na produção de alimentos seguros, num ponto de vista sanitário, capazes de salvaguardar a saúde dos consumidores. Adicionalmente, a certificação do sistema permite que o cumprimento dos objectivos estabelecidos no plano HACCP seja realizado de uma forma significativamente mais eficaz (Psomas & Kafetzopoulos, 2015).

Demonstrando um compromisso com um padrão de segurança alimentar reconhecido, a Eurofrozen S.A. possui a certificação FSSC 22000 desde 2018. Desenvolvido pela *Foundation for Food Safety Certification* (FSSC), este referencial de certificação integra os requisitos das normas ISO 22000 e ISSO 22002-1, as especificações técnicas para o sector Programas de Pré-Requisitos (PPRs) e outros requisitos adicionais. O FSSC 22000 é reconhecido e avaliado pela *Global Food Safety Initiative* (GFSI), uma iniciativa global orientada para as empresas que visa a melhoria contínua dos FSMSs, como sendo um esquema de certificação que satisfaz os mais altos padrões de segurança a nível global (Rafeeqe & Sekharan, 2018). A implementação de um sistema que cumpre os requisitos da FSSC 22000 dispõe de algumas vantagens, nomeadamente (FSSC, 2019):

- Minimização e gestão de riscos alimentares através da constituição de um sistema de gestão capaz de controlar os processos internos.
- Manutenção da confiança do consumidor, cujas exigências que envolvem a segurança alimentar são progressivamente maiores, e potencializa o incremento das quotas de mercado.

- Aumento da extensão de mercado. Grandes multinacionais e empresas de retalho exigem a certificação dos seus fornecedores para a comercialização dos seus produtos.

No que concerne à gestão de qualidade, o sistema implementado na Eurofrozen S.A. foi certificado de acordo com as normas ISO 9001:2008 em 2010 (mais tarde reformulado para a ISO 9001:2015). Sendo uma das referências mais implementadas a nível mundial, esta pode ser aplicável a diversas organizações e empresas, independentemente do sector de actividade em que se inserem. A ISO 9001:2015 serve como uma ferramenta de auxílio no alcance dos diversos objectivos estabelecidos pela empresa, melhorando o seu desempenho global e satisfazendo as exigências dos clientes. Este baseia-se na abordagem dos processos envolvendo o pensamento critico fundamental da melhoria continua e o pensamento baseado em risco (APCER, 2019).

1.2.2. Organização das instalações

As instalações da empresa encontram-se localizadas na Estrada da Algazarra em Vale Flor, na Freguesia do Feijó. A sua localização proporciona um fácil acesso de veículos pesados e ligeiros desde e para a Autoestrada do Sul (A2), facilitando o transporte de matérias-primas até à unidade fabril e o escoamento de mercadoria produzida. Em 2015, a unidade industrial foi alvo de uma reestruturação que visou o aumento da capacidade de produção e a adaptação da unidade a normas atuais relativas às condições de trabalho e à sustentabilidade ambiental. Estas alterações culminaram no complexo industrial que é possível observar nos dias que correm.

No interior do lote industrial existem dois edifícios designados por Edifício 1 e Edifício 2 (Figura 1.1.). O edifício principal das instalações (Edifício 1) encontra-se posicionado no centro do lote e possui três pisos distintos destinados a serviços diferentes. O cerne da produção realiza-se no piso 0 e é repartida em três zonas distintas:

- Zona de confecção de doces e folhados (Hall 2)
- Cozinha industrial (Hall 1)
- Zona de empratamento (Hall 1)



Figura 1.1.– Lote e instalações da Eurofrozen (adaptado de Google Maps, 2019).

Além da produção, este piso também dispõe de câmaras refrigeradas destinadas ao armazenamento do produto final e de armazéns de matérias-primas secas, oleosas e de material de embalagem. As matérias-primas congeladas e refrigeradas são devidamente acondicionadas em armazéns no piso -1. Ambos os pisos possuem cais próprios para a recepção de matérias-primas. O piso 1 é destinado exclusivamente aos serviços administrativos. O Edifício 2 alberga instalações técnicas e uma oficina de manutenção.

1.2.3. Confeção dos constituintes de massa folhada

Não tendo em consideração as diferentes variantes, os produtos à base de massa folhada fabricados na Eurofrozen S.A. podem ser categorizados nos seguintes grupos: pastéis de nata; empadas; travesseiros; quadrados de massa folhada; folhados e tarteletes.

No que diz respeito aos pastéis de nata e empadas, a confeção destes produtos é repartida em dois recintos diferentes. A produção inicia-se na cozinha industrial do Hall 1 com a preparação dos recheios. Armazenados em locais refrigerados, estes são posteriormente incorporados nas linhas de doseamento do produto. A confeção e processamento da massa folhada, juntamente com o doseamento do recheio, ocorrem na zona de confeção de doces e folhados do Hall 2.

1.2.3.1. Rademaker I e II

A produção dos pastéis de nata envolve apenas um constituinte de massa: um copo de massa folhada que serve de recipiente para o respectivo recheio. No caso das empadas, a produção envolve um constituinte extra: uma tampa de massa folhada que é colocado sobre o copo, selando o recheio no seu interior. A obtenção destes constituintes provém da utilização das mesmas unidades automáticas, mas através de parâmetros e metodologias diferentes.

A confecção da massa folhada começa com a preparação da massa base. Inicialmente os ingredientes são doseados e misturados por via de uma amassadeira com garfo em espiral (*Tabela 1.1.*). O programa de mistura implementado foi previamente testado e desenhado de forma a que se obtenha uma massa base com as características reológicas desejadas. Após a sua preparação, a massa base é transportada para as linhas de processamento seguintes.

Tabela 1.1. – Ingredientes utilizados no fabricado de massa folhada na Eurofrozen S.A.

Massa Folhada
<ul style="list-style-type: none">• Farinha de trigo tipo 55• Margarina: Gordura de palma parcialmente hidrogenada e óleo de colza, água, sal, emulsionantes: lecitina de girassol, mono e diglicéridos de ácidos gordos e ésteres de poliglicerol de ácidos gordos, antioxidantes: palmitato de ascorbil, tocoferol, aroma, regulador de acidez: ácido cítrico; corante: betacaroteno.• Água• Sal

Tal como outras empresas alimentares que produzem este género de alimentos, a massa base é processada e cortada com o intuito de produzir peças pequenas de massa folhada que serão posteriormente moldadas nos respectivos constituintes. Estes processos estão intrinsecamente ligados a duas linhas distintas de unidades autónomas que se encontram instaladas no Hall 2: a Rademaker II e a Rademaker I (*Figura 1.2.*). Estes equipamentos foram construídos e adquiridos à *Rademaker BV* em 2008, sendo que se encontram em funcionamento desde o ano de construção até aos dias de hoje. Contudo, a produção que os envolve é realizada de uma forma esporádica em comparação com as produções que envolvem o Hall 1, ou seja, estes equipamentos nunca funcionaram numa base diária, sendo que em certos casos não ocorreram produções no decurso de semanas. Apesar de apresentarem alguns problemas de pouca relevância, os equipamentos não apresentam o desgaste expectável de

maquinarias com cerca de onze anos mas que funcionassem de uma forma contínua em virtude de uma elevada qualidade de construção e da manutenção que foi realizada ao longo do tempo.

A instalação destes equipamentos automáticos proporciona velocidades de produção muito superiores, face às velocidades de produção obtidas de métodos manuais. A combinação da Rademaker I e II permitem a produção de cerca de 8000 pastéis ou 2200 empadas por hora.



Figura 1.2.– Rademaker II (imagem superior) e Rademaker I (imagem inferior)

A obtenção dos copos de massa que constituem os pastéis de nata baseia-se na moldagem de peças de massa circulares produzidas na Rademaker II designadas por “caracol de massa”. No caso das empadas, e apesar dos copos possuírem um formato semelhante, estes são obtidos através da moldagem de outras peças também produzidas na Rademaker II designadas por “quadrado de massa”. Estas duas peças apresentam dimensões e pesos distintos, apesar de serem produzidos com a mesma finalidade, mas para produtos diferentes (*Figura 1.3.*). Após a sua produção, estas são enviadas para a Rademaker I onde ocorrem as etapas produtivas de moldagem e enchimento. No caso das tampas de massa para as

empadas, estas são produzidas e cortadas directamente na Rademaker II, não recorrendo a outras unidades suplementares. A colocação destas é realizada manualmente no final da Rademaker I após o enchimento das empadas.



Figura 1.3. – Peças de massa produzidas na Rademaker II. Designações da esquerda para a direita: caracol; quadrado e tampa de massa.

A massa base utilizada na produção das diferentes peças é confeccionada de acordo com a mesma receita. Deste modo, apesar de as peças possuírem algumas diferenças estruturais, a composição da massa é idêntica.

Capítulo II

Revisão Literária – Massa Folhada

2. Massa Folhada

A massa folhada é um produto alimentar cuja estrutura apresenta camadas compostas por massa base ou gordura que intercalam entre si (Renzetti *et al.*, 2016). Esta estrutura é obtida através de várias etapas produtivas de laminagem e dobragem, que podem ser realizadas de uma forma manual com recurso a laminadores mecânicos e a métodos próprios de dobragem manual. Contudo, estas práticas não são aplicadas no contexto da produção industrial devido às suas limitações físicas, implementando-se neste caso sistemas de laminação e de dobragem automáticos e programáveis (Deligny & Lucas, 2015).

A integridade das diferentes camadas é fundamental para a expansão e grau de folhagem do produto final após a sua preparação. Inicialmente, quando a massa folhada é aquecida no forno, as camadas de gordura começam por fundir. À medida que a temperatura aumenta, a água presente na massa base é convertida em vapor e fica retida entre lacunas nas camadas de gordura fundidas, que deste modo actuam como barreiras hidrofóbicas que impedem a saída do vapor de água. O aumento da pressão, induzido pelo vapor de água retido nas camadas de gordura, provoca a separação das camadas de massa e o aumento do volume do produto final. Esta separação, provocada pelo escoamento do vapor de água, confere a textura folhosa que define a massa folhada (*Figura 2.1.*). Graças a este fenómeno, a massa folhada é um produto capaz de expandir até oito vezes em relação à sua altura original, embora não possua nenhum tipo de fermento na sua constituição (Ooms *et al.*, 2016).

O grau de folhagem e expansão de produtos laminados pode ser ajustada através da utilização de matérias-primas com diferentes propriedades e do método produtivo utilizado. O aumento do número de dobras, e consequentemente do número de camadas, tem um impacto positivo na altura do produto final. Contudo, existe um valor máximo para esta relação. Uma quantidade excessiva de dobras resulta em camadas de gordura demasiado finas que não são capazes de reter o vapor de água eficientemente. Além disso, a temperatura de preparação do produto no forno tem impacto na folhagem. Produtos preparados a temperaturas mais elevadas (entre 200 – 250°C) apresentam um maior grau de expansão por efeito de uma difusão rápida de vapor de água em comparação com produtos preparados a temperaturas mais baixas (Figoni, 2011). A generalidade dos produtos folhados atinge o seu grau de expansão máximo a meio do tempo de preparação. O tempo restante em que o produto folhado permanece no forno está relacionado com a perda de água, o que contribui para as propriedades escamosas que caracterizam o produto.

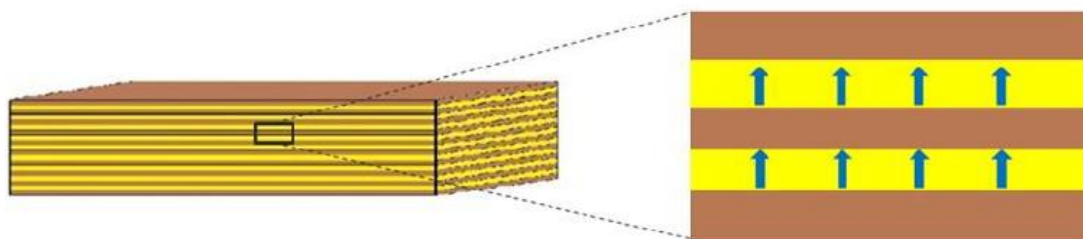


Figura 2.1. – Fenómeno de expansão da massa folhada. As camadas castanhas representam a massa base e as camadas amarelas representam a margarina. As setas azuis demonstram a pressão exercida entre as camadas de massa por parte do vapor de água gerado durante o aquecimento. De notar que a expansão ocorre entre as camadas de massa, sendo que a massa em si mantém a sua estrutura (adaptado de Ooms *et al.*, 2016).

A massa folhada raramente é consumida de uma forma isolada. Geralmente faz-se acompanhar por um recheio ou por uma cobertura saborosa que suplementa os sabores mais subtis da massa, podendo ser percecionada como um invólucro/recipiente comestível (Cauven & Young, 2006). Em muitos casos, a massa folhada é processada e cortada com o intuito de produzir pequenas peças que serão utilizadas na confecção de um outro produto em particular. Este é o caso da produção de pastéis de nata e de empadas realizada por esta empresa.

No total, a confecção de massa folhada baseia-se na utilização de quatro ingredientes indispensáveis: água; farinha de trigo; margarina ou manteiga e sal. As interações físicas e bioquímicas entre os diferentes ingredientes durante a produção têm impacto nas características e na qualidade do produto final, sendo que a utilização de matérias-primas de elevada qualidade torna-se essencial para a produção de um alimento com um elevado grau de qualidade (Ooms *et al.*, 2016). De uma forma semelhante a outros produtos da indústria da pastelaria e panificação, a confecção de massa folhada enquadra um elevado nível de rigor na preparação e pesagem dos diversos ingredientes e na realização das diferentes tarefas produtivas. Além disso, as temperaturas das unidades fabris e dos diversos ingredientes também são factores de extrema importância. Pequenas discrepâncias nestes aspectos podem alterar largamente a qualidade do produto final, tornando-se essencial a utilização de equipamentos com um elevado nível de precisão (Figoni, 2011).

A massa base (e folhada) é um material que apresenta características viscoelásticas que são descritas pela Reologia, o ramo da ciência que estuda a deformação e o fluxo de matéria. O espectro do comportamento reológico da matéria possui dois extremos que se caracterizam pelo comportamento elástico ideal e pelo comportamento viscoso ideal. Esta massa é caracterizada por um comportamento intermediário que se insere entre estes dois extremos (Sanz *et al.*, 2017).

De um modo geral, os aspectos reológicos que descrevem a massa baseiam-se nos seguintes princípios:

- **Tenacidade** – Resistência exibida pela massa a forças deformativas. Também pode ser caracterizada como a robustez da massa.
- **Elasticidade** – Capacidade que a massa apresenta em regressar ao estado inicial após ser forçada ou esticada.
- **Extensibilidade** – Capacidade que a massa apresenta em esticar sem partir. Quanto maior é o grau de extensibilidade da massa, maior é a sua capacidade em esticar sem rasgar. Esta característica é essencial ao processamento da massa base, determinando a eficácia e a eficiência dos processos de laminagem.

Estes aspectos são principalmente influenciados pelas propriedades da farinha de trigo utilizada, da quantidade de água e ar inserida e incorporada e as condições do processo de mistura.

Espera-se menos elasticidade e mais extensibilidade para a massa folhada. Massa excessivamente elástica requer muita força para criar as camadas de massa durante a laminagem. A aplicação de um excesso de força no sistema pode induzir a quebra das diferentes camadas, restringindo a expansão da massa após esta ser preparada (Cauven & Young, 2006).

2.1. Água

A água tem um papel importante na interação com os restantes ingredientes e da forma como estes interagem entre si. O sal e a farinha não desempenham as suas funções previstas enquanto não forem dissolvidos ou hidratados, uma vez que as proteínas presentes na farinha precisam de ser hidratadas antes de formar uma rede complexa de glúten. A margarina, em contraste com o sal e a farinha, é um ingrediente que não é dissolvido ou hidratado pela água devido à sua natureza hidrofóbica. Ao invés, a gordura da margarina fragmenta em porções mais pequenas e reveste outras moléculas que se encontrem em solução ao longo do processo de mistura (Hezelton *et al.*, 2003).

A quantidade de água adicionada à mistura define o nível de consistência e viscosidade da massa. Neste caso, a massa base é constituída por uma baixa quantidade de água, apresentando uma textura grossa e moldável. Caso esta não seja adicionada em quantidades suficientes, a massa base irá apresentar propriedades mais elásticas, resistindo mais aos processos de laminagem. Consequentemente, é necessário aumentar a força aplicada no processamento da massa, o que pode induzir a quebra das camadas diferentes camadas.

A água também pode ser utilizada como um regulador de temperatura. O processo de mistura gera calor que por sua vez pode aumentar a temperatura da massa final para valores indesejáveis. A temperatura da água adicionada pode ser alvo de controlo e utilizada de forma a compensar o aumento da temperatura final.

2.2. Farinha de trigo

A farinha de trigo é um dos ingredientes mais utilizados na indústria da panificação. A sua composição pode apresentar ligeiras variações uma vez que está associada à qualidade do trigo que é utilizado na sua produção e à qualidade do processo de moagem. Por sua vez, a qualidade dos cereais é fortemente influenciada pelas condições ambientais e pelos factores de stress às quais a produção foi sujeita. Por exemplo, danos causados por chuva excessiva induzem elevadas concentrações de α -amílase e de enzimas proteolíticas que decompõem o amido e as proteínas constituintes. Estas reacções geram uma farinha que produz uma massa fraca com uma textura pegajosa. Por oposição, a utilização de fertilizantes com elevados teores de azoto podem incrementar a síntese de proteínas, aumentando o conteúdo proteico da farinha, enquanto que a utilização de fertilizantes com elevados teores de enxofre pode afectar a qualidade das proteínas de uma forma benéfica (Cauven & Young, 2006; MacRitchie, 1984).

O amido é o principal constituinte da farinha, representando cerca de 63 – 72 % da sua composição total. Este encontra-se presente na farinha em grânulos semi-cristalinos, sendo constituído essencialmente por dois tipos de polímeros de glucose que diferem primariamente na sua configuração estrutural, as amiloses e as amilopectinas. Esta diferenciação é determinada pelo número de ligações glicosídicas α -1,4 e α -1,6 presentes, sendo que cada tipo de ligação possui um impacto diferente na configuração das cadeias de glucose. As ligações α -1,4 ocorrem mais frequentemente e induzem uma configuração linear às cadeias. Por sua vez, as ligações α -1,6 originam ramificações nestas cadeias lineares. As amiloses são moléculas essencialmente lineares de 500 – 6000 moléculas de glucose que possuem poucas ramificações na sua estrutura. Estas constituem apenas 25 % de todos os polímeros constituintes do amido. Em contraste, as amilopectinas são moléculas de maior dimensão e altamente ramificadas, possuindo um grau de polimerização que pode rondar entre 3×10^5 e 3×10^6 moléculas de glucose (*Figura 2.2.*). Estes polímeros representam os restantes 75% dos polímeros constituintes (Zobel, 1988).

Durante a mistura dos diversos ingredientes, as partículas de água entram em contacto e fixam-se ao exterior dos grânulos de amido. Quando o produto final é aquecido, a água é absorvida pelos grânulos que aumentam substancialmente de tamanho. Consequentemente, alguns destes grânulos abrem e

libertam amido para o exterior que se liga a moléculas de água que ainda se encontrem disponíveis. Este processo designa-se por gelatinização e ocorre a temperaturas entre 60 – 90 °C, sendo responsável pelo incremento do volume em diversos produtos da indústria de panificação. No caso da massa folhada, este processo não apresenta grande relevância para a constituição da estrutura do produto final. A massa base não dispõe da quantidade de água necessária para gelatinizar a maioria dos grânulos de amido, sendo que a folhagem e o aumento de volume ocorrem graças ao aprisionamento do vapor de água pelas camadas de gordura. Contudo, as moléculas de amido funcionam como agentes estabilizadores da emulsão de água e gordura, dispersando as moléculas de gordura e inibindo o seu agrupamento (Schirmer *et al.*, 2015).

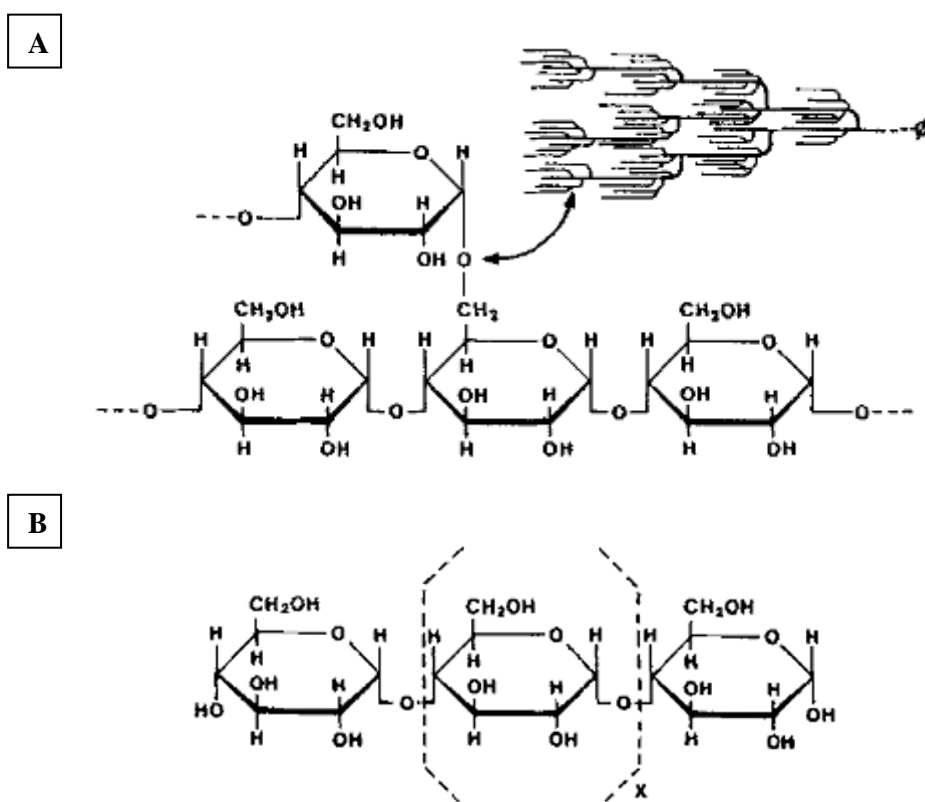


Figura 2.2. – Configuração estrutural das cadeias de glucose constituintes das amilopectinas (A) e das amiloses (B) (adaptado de Zobel, 1988).

Além do amido, a farinha é constituída por proteínas, água e por uma fração ínfima de lípidos, de outros polissacarídeos e de minerais. De uma forma geral, as proteínas constituem cerca de 7 – 15 % num meio em que a água constitui cerca de 14 % da totalidade (Finnie & Atwell, 2016). Apesar de não ser o maior constituinte, as proteínas possuem propriedades com elevada funcionalidade, capazes de afectar profundamente a estrutura do produto final. Quando a farinha é misturada com água, alguns complexos proteicos entrelaçam-se e expandem-se progressivamente, formando uma rede complexa e viscoelástica capaz de reter gases durante o aquecimento da massa. Esta estrutura denomina-se por

glúten. Deve evidenciar que a farinha não possui glúten na sua composição. Contudo, além das proteínas enzimáticas e estruturais presentes na sua constituição, a farinha contém duas proteínas essenciais para o desenvolvimento da rede de glúten, as gliadinas monoméricas e as gluteninas poliméricas.

As gliadinas presentes na constituição da farinha são representadas por uma mistura heterogênea de três tipos de gliadinas distintas que diferem na sua sequência de aminoácidos: as α -, γ - e ω -gliadinas. As gluteninas consistem em subunidades de elevado peso molecular (HMW-GSs) e de baixo peso molecular (LMW-GSs) ligadas entre si através de ligações dissulfeto intermoleculares (Lagrain *et al.*, 2007). As proporções de ambas as proteínas na farinha influenciam as características reológicas da massa base. As gluteninas são responsáveis pela elasticidade e tenacidade da rede de glúten, enquanto as gliadinas são responsáveis pelo grau de extensibilidade. As quantidades de cada proteína presentes na farinha estão dependentes da variedade do trigo utilizado. Contudo, de uma forma geral, as gliadinas e as gluteninas representam cerca de 30 e 50 %, respectivamente (Ortolan & Steel, 2017; Urade *et al.*, 2018).

Posto isto, a composição e as propriedades funcionais do glúten estão correlacionadas com a composição proteica da farinha de trigo. A dureza dos grãos de trigo utilizados na produção da farinha pode ser indicativa da quantidade e qualidade proteica existente na sua composição. Deste modo, o trigo pode ser classificado de acordo com a sua textura como sendo duro ou mole. Por via de regra, o trigo duro possui um maior teor proteico na sua composição, com grânulos de amido bem envolvidos em matrizes proteicas. A moagem destes grãos danifica a superfície de alguns dos grânulos de amido, obtendo-se uma farinha com maior capacidade de absorção de água devido ao incremento da superfície de contacto do amido com a água. Por sua vez, o trigo mole não apresenta o mesmo teor proteico que o trigo duro, apresentando grânulos de amido menos envolvidos em matrizes proteicas. A moagem destes grãos gera uma farinha com uma menor capacidade de adsorção de água (Anjum & Walker, 1991). Farinhas obtidas através de grãos de trigo duros geram estruturas de glúten extensíveis e com uma elevada capacidade de retenção de gases, características desejáveis para a produção de produtos laminados.

O desenvolvimento das estruturas de glúten é um processo complexo que resulta de duas condições essenciais: da hidratação das proteínas da farinha e da introdução de energia no sistema, neste caso através da mistura dos diversos ingredientes (*Figura 2.3.*). A água, ao entrar em contacto com a farinha, liberta e hidrata as moléculas de proteína. O processo de mistura ajuda a separar aglomerados de proteína e introduz energia ao sistema, induzindo a formação de múltiplas ligações dissulfeto intra- e intermoleculares das diversas cadeias proteicas que se encontram em solução. Adicionalmente, a mistura da água por todo o complexo acelera e homogeneiza o processo de hidratação da farinha. A redução da quantidade de água disponível (devido à hidratação da farinha) e o aumento do número de ligações

dissulfeto incrementa a resistência exercida pela massa, sendo necessário aumentar progressivamente a energia introduzida no sistema ao longo do processo.

A massa com as características reológicas desejadas obtém-se após esta apresentar o pico de resistência máxima, situação onde a rede de glúten se encontra bem desenvolvida. Aponte-se que não se deve misturar em excesso para evitar a despolimerização das proteínas. Caso contrário, as ligações dissulfureto e as estruturas de glúten começam a ser destruídas, gerando uma massa plástica e muito pegajosa (Cauven & Young, 2006; Figoni, 2011; MacRitchie, 1984; Ortolan & Steel, 2017).

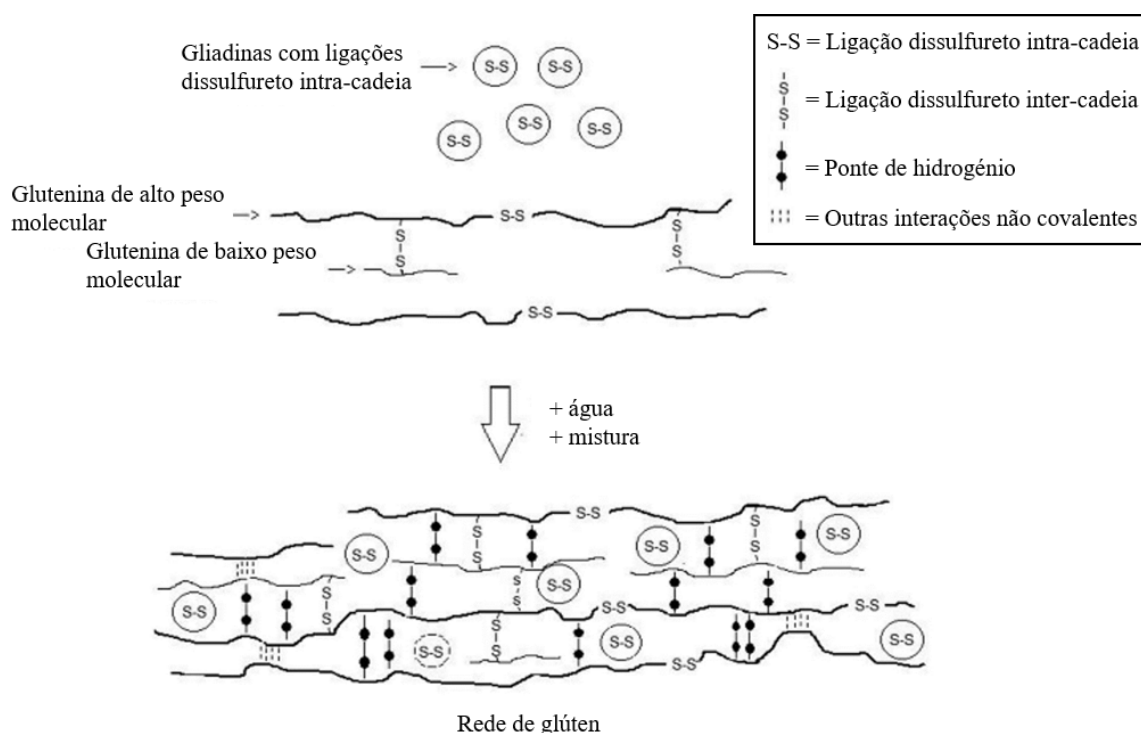


Figura 2.3. – Desenvolvimento da estrutura de glúten durante o processo de mistura da farinha de trigo com a água (retirado de Ortolan & Steel, 2017).

2.3. Margarina

De uma forma geral, a margarina pode ser descrita como uma emulsão de água em gordura. A fase gorda constitui no mínimo 80% do produto, sendo que esta consiste de gordura cristalina e óleo. Em termos químicos, a margarina é maioritariamente constituída por triglicéridos, substâncias constituídas por três cadeias de ácidos gordos (saturados ou insaturados) ligadas a um glicerol. Esta é produzida através da extração e refinação de óleos obtidos de sementes oleaginosas. A refinação consiste na conversão dos ácidos gordos insaturados em ácidos gordos saturados através da adição de moléculas de hidrogénio num processo designado por hidrogenação. O controlo do processo de conversão permite a

obtenção de margarinas com diferentes níveis de firmeza e plasticidade (Bongers & Almeida-Rivera, 2011).

As propriedades funcionais da margarina na produção das camadas estão correlacionadas com as suas propriedades físicas, ou seja, com a consistência e plasticidade que esta expressa ao longo de um perfil térmico (Pajin *et al.*, 2011). Estes aspectos são determinados pela composição química e estrutural do produto. Margarinas com diferentes curvas de conteúdo em gordura sólida vs temperatura são obtidas através da mistura de diferentes triglicéridos. Esta relação dita a percentagem de triglicéridos que se encontram no estado sólido a uma determinada temperatura, e pode ser utilizada para medir o nível de cristalização da gordura durante o processamento. As margarinas constituídas com um maior teor de triglicéridos com ácidos gordos insaturados tendem a ser menos firmes e mais líquidas à temperatura ambiente. Assim, as características da margarina capazes de afectar a qualidade do processamento e do produto final são a composição em ácidos gordo; o conteúdo em sólidos gordos; a estrutura cristalina; a firmeza e as condições de produção aplicadas (Lefébure *et al.*, 2013).

O ponto de fusão da gordura utilizada contribui fortemente para o aumento de volume e folhagem do produto final. Note-se que as gorduras utilizadas na indústria de panificação geralmente possuem um ponto de fusão entre 30 – 55 °C, dependendo do produto a ser confeccionado. De uma forma geral, quanto maior é o ponto de fusão da gordura utilizada, maior é a expansão e o aumento de volume do produto final. Contudo, a utilização de gorduras com um ponto de fusão elevado atribui um sabor indesejável e textura cerosa ao produto final. Além do ponto de fusão, a quantidade de água presente na composição da margarina também é capaz de influenciar estes aspectos. Dentro de certos limites, uma margarina com maior quantidade de água na sua constituição é capaz de originar um produto mais volumoso e folhado.

Em termos práticos, a margarina utilizada na produção de massa folhada é adicionada em duas etapas distintas: na confecção da massa base e na constituição das camadas de gordura. Quanto maior for a quantidade de margarina colocada na confecção da massa base, menor será o processo de expansão da massa. Um incremento na quantidade de margarina torna a massa mais mole, podendo ser necessário reduzir o teor de água utilizado (Cauven & Young, 2006). A margarina aplicada na formação das respectivas camadas deve de ser suficientemente firme de modo a que não seja absorvida pelas camadas de massa durante as etapas de laminagem. Contudo, além de firme, esta também deve de ser suficientemente maleável de forma a que as etapas de laminagem gerem camadas de gordura contínuas e isentas de problemas, salvaguardando a capacidade de expansão do produto final. Massa folhada com camadas de gordura fracionadas ou demasiado finas não expande tanto como desejado uma vez que estas não são capazes de reter o vapor de água eficazmente. Adicionalmente, caso exista uma baixa quantidade de gordura entre estas, as camadas de massa tendem a aderir mais entre si.

Para o óptimo processamento na linha de produção, a consistência da margarina aplicada deve de igualar a consistência da massa base às temperaturas ótimas de processamento (Renzetti *et al.*, 2016). Desvios entre as consistências podem reduzir a qualidade do processo de laminagem. Margarina demasiado fria não irá espalhar homogeneamente, enquanto que demasiado quente irá derreter e penetrar nas camadas de massa (Figoni, 2011).

2.4. Sal

O sal é um ingrediente que possui duas funções distintas. A adição de sal é realizada principalmente para intensificar o sabor dos restantes ingredientes, melhorando as características organolépticas do produto final. Além disso, o sal também tem impacto na consistência da massa base, uma vez que ajuda a consolidar a estrutura de glúten (Hezelton *et al.*, 2003).

Capítulo III

Caracterização dos Produtos Alimentares e Etapas Produtivas

3. Famílias de Produtos Alimentares

Os produtos da Eurofrozen, S.A. são organizados em três famílias distintas de acordo com o tipo de alimento e com a sua constituição. Além disso, os produtos são ainda subcategorizados dentro de cada família, de acordo com os processos térmicos que podem estar envolvidos na sua produção e com os tipos de empratamento e embalagem utilizados (*Tabela 3.1.*).

Tabela 3.1. – Sistema de categorização dos produtos aplicado na Eurofrozen, S.A. A respectiva família e subcategoria onde se enquadram os pastéis de nata e as empadas cujas produções foram alvo de estudo encontram-se evidenciadas na tabela.

A. Refeições pré-cozinhadas ultracongeladas
A.1. Produtos pré-cozinhados ultracongelados à base de carne ou de peixe (com ou sem a etapa de demolha) em cuvette individual. A.2. Produtos pré-cozinhados ultracongelados à base de carne ou de peixe (com ou sem a etapa de demolha) em cuvette coletiva. A.3. Esparregado ultracongelados em cuvette individual. A.4. Salteados ultracongelados.
B. <u>Massas folhadas ultracongeladas</u>
B.1. Produtos pré-cozinhados ultracongelados – massa folhada em cuvette individual. B.2. Produtos pré-cozinhados ultracongelados – à base de massa folhada com tratamento térmico em cuvette individual. B.3. Produtos pré-cozinhados ultracongelados – à base de massa folhada com recheio sem tratamento térmico em cuvette individual. B.4. Produtos pré-cozinhados ultracongelados – à base de massa folhada com tratamento térmico – embalagem a granel.
C. Componentes ultracongelados
C.1. Produtos pré-cozinhados ultracongelados – à base de massa cozida com recheio com tratamento térmico em cuvette individual. C.2. Produtos pré-cozinhados ultracongelados – à base de massa cozida com recheio cozinhado, embalados a granel. C.3. Produtos pré-cozinhados ultracongelados – massa com moldagem/corte automático – empratado em cuvette individual. C.4. Produtos pré-cozinhados ultracongelados – massa com moldagem/corte automático – embalados a granel. C.5. Pastéis frios (embalados em cuvette individual e a granel).

Devido ao tipo de sistema de categorização implementado, e à diversidade de géneros alimentícios que são produzidos, cada subcategoria de alimentos possui um fluxograma de produção específico. Contudo, fluxogramas de produção relativos a subcategorias da mesma família podem ter apenas pequenos níveis de variação. Além disso, a maquinaria que é empregue na produção de alimentos inseridos na mesma subcategoria, ou seja, com as mesmas etapas produtivas, pode variar de acordo com as respectivas características físicas. Por exemplo, os diferentes tipos de tarteletes e folhados produzidos nesta empresa são agrupados na família B.2, a mesma subcategoria onde se enquadram as empadas e os pastéis de nata. Contudo, devido ao formato físico dos alimentos, certas fases do emplatamento das tarteletes e dos folhados recorrem a equipamentos diferentes que não são aplicados na produção das empadas e pastéis.

Antes de se proceder à análise da produção dos constituintes de massa folhada dos pastéis de nata e das empadas, é necessário compreender de uma forma geral os produtos em questão, as suas características e a respectiva linha de produção.

2.1. Caracterização dos produtos

A Eurofrozen S.A. comercializa pastéis de nata com dois pesos unitários distintos: 65 g ou 55 g (*Figura 3.1.*). Apesar da diferença, estes apresentam uma estrutura com dimensões muito semelhantes, sendo que a forma de alumínio que serve de recipiente para o produto não varia entre as duas versões. Considerando que a dimensão da base dos pastéis é idêntica, os únicos factores de diferenciação que existem entre as duas versões são o peso unitário; a altura do copo de massa, que por sua vez está relacionado com a quantidade de massa folhada constituinte; e a quantidade de recheio.

Os pastéis de nata de 65 g são constituídos em 40 % de massa folhada e 60 % de recheio, ao passo que os pastéis de 55 g são constituídos numa proporção de 45 % de massa folhada e 55 % de recheio. Ainda assim, estas pequenas variações de 5 % não são suficientemente substanciais para causar um impacto no valor das características nutricionais, sendo que ambas as variantes do produto apresentam as mesmas.

Por outro lado, as empadas comercializadas apresentam uma maior gama de variedade. Relativamente ao conteúdo, estas podem ser constituídas por diferentes recheios de carne. Contudo, contrariamente aos pastéis de nata, as empadas só apresentam um peso unitário de 55 g (*Figura 3.1.*). Posto isto, a quantidade de massa folhada e de recheio presentes na sua constituição não altera entre cada variedade. O único factor de diferenciação que as empadas apresentam entre si é a constituição do recheio. De notar que para além do copo de massa folhada e do recheio, as empadas também são constituídas por uma tampa de massa folhada, sendo que os componentes de massa folhada (tampa mais

copo) representam 60 % do produto final, enquanto o recheio constitui os restantes 40%. No entanto, as diferentes constituições dos recheios geram diferentes características nutricionais para cada produto, independentemente de serem constituídos pelas mesmas percentagens de massa folhada e recheio.

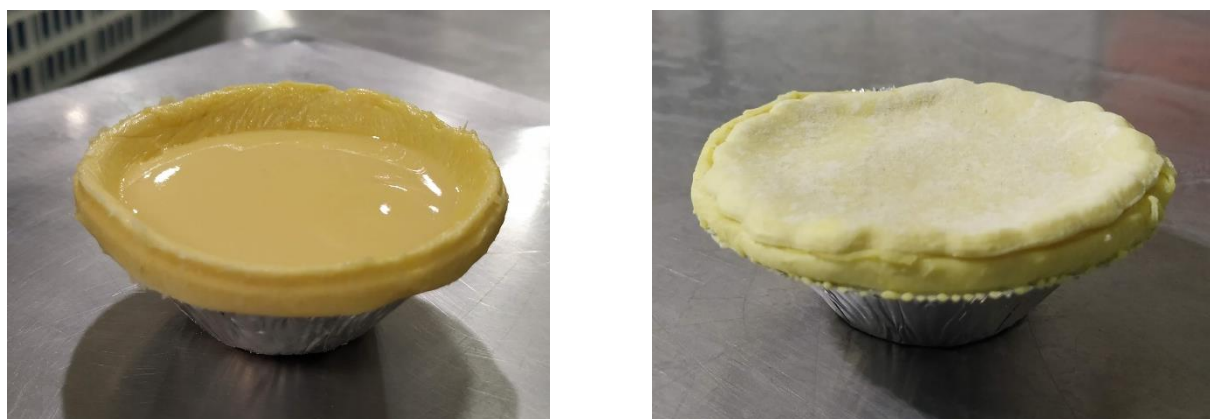


Figura 3.1. – Pastel de nata 65 g (imagem da esquerda) e empada de galinha com 55 g (imagem da direita). Ambas as imagens foram recolhidas antes dos produtos serem transferidos para os túneis de congelação.

Adicionalmente, a forma de alumínio que serve de recipiente para as diversas empadas é idêntica à que serve de recipiente aos pastéis (*Figura 3.2.*).

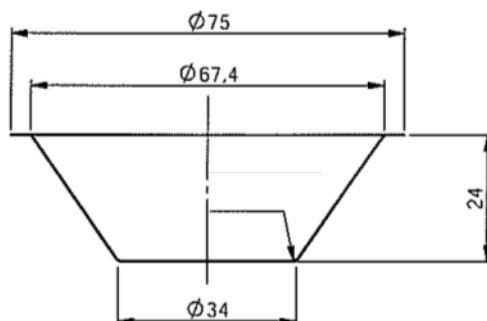


Figura 3.2. – Diagrama da forma de alumínio utilizada como recipiente para os alimentos. Evidenciam-se as respectivas dimensões em milímetros. Cada forma tem um peso unitário de 1 g.

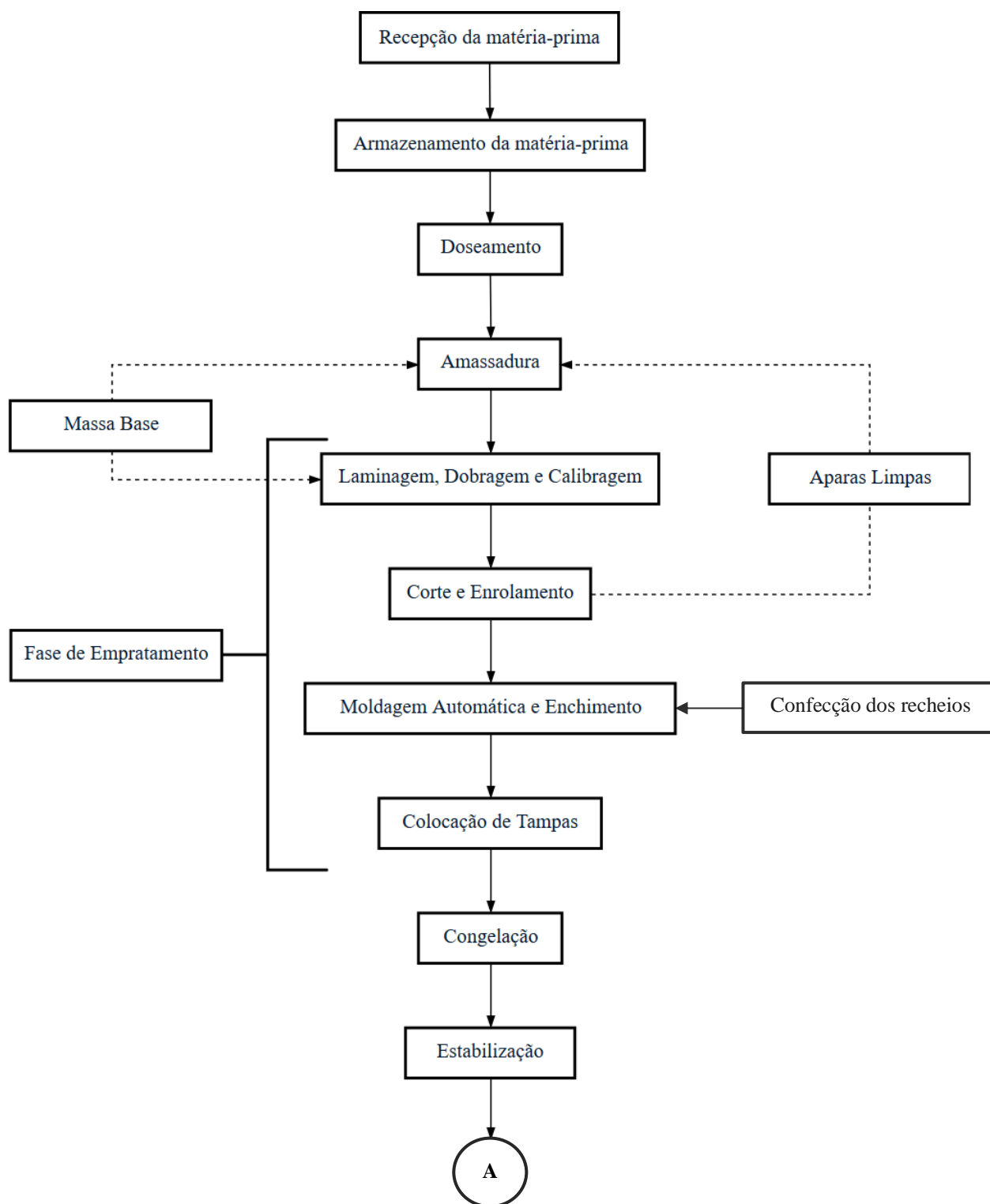
A massa folhada que constitui as empadas e os pastéis de nata não apresenta variações na sua constituição. Os ingredientes utilizados na preparação da massa base e a quantidade de margarina colocada durante o processamento não varia. Contudo, o processamento da massa é diferente para cada alimento, sendo que a massa folhada dos pastéis de nata é constituída por um menor número de camadas de massa e de margarina em comparação com a massa constituinte das empadas. Isto resulta de um processamento com recurso a uma menor quantidade de voltas / dobras. Não obstante, após aquecidos, os pastéis de nata apresentam uma folhagem mais evidente em relação às empadas devido à orientação

em que os caracóis e os quadrados de massa folhada são colocados em relação ao molde da Rademaker I. Este assunto será desenvolvido no *subcapítulo 4.3.2. – Depositador de formas*, pág.62.

Os pastéis de nata e as empadas são produtos comercializados num formato cru, sendo prontamente congelados num ciclo de 60 minutos a uma temperatura de -30 °C após serem confeccionados. Esta etapa de congelação é fundamental para a preservação das qualidades dos alimentos visto que suspende toda a actividade e crescimento microbiano. Contudo, a deterioração dos alimentos permanece a uma velocidade muito reduzida devido a reacções bioquímicas (enzimáticas e não enzimáticas) que não são afectadas pelo processo (Rahman & Velez-Ruiz, 2007). Uma vez congelado, os produtos são armazenados e distribuídos com a mesma temperatura de congelação, apresentando um tempo de prateleira de 18 meses.

2.3. Fluxograma de produção

De uma forma geral, a produção dos pastéis de nata e das empadas seguem as mesmas etapas produtivas, ainda que alguns dos processos apresentem pequenas divergências (*Figura 3.3.*).



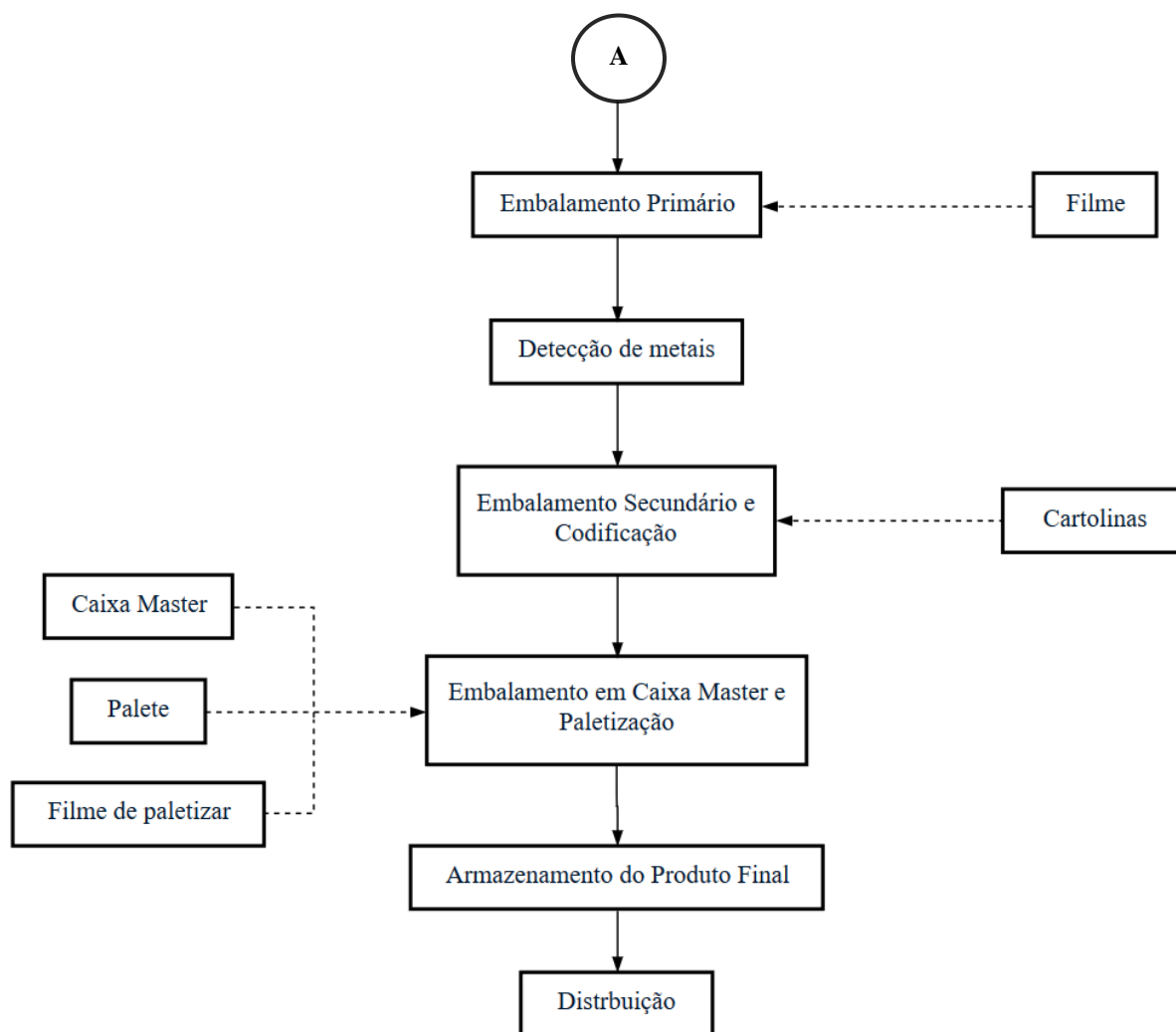


Figura 3.3. – Fluxograma simplificado de produção dos pastéis de nata e das empadas produzidas na Eurofrozen S.A.

- **Recepção das matérias-primas**

Diversos factores são analisados e verificados após a chegada das matérias-primas à unidade fabril. Destacam-se as condições de higiene e climatéricas do processo de transporte, o estado das embalagens e dos materiais envolvidos no processo, o estado de conservação e as características macroscópicas do produto. As matérias-primas são recusadas e devolvidas ao fornecedor caso o transporte apresente irregularidades ou o produto se encontre alterado / fora de validade.

- **Armazenamento das matérias-primas**

As matérias-primas são armazenadas em unidades separadas de acordo com o seu género alimentício e com as temperaturas respectivas de armazenamento. As matérias-primas congeladas são armazenadas em câmaras frias com temperaturas que variam entre os -18 °C e -25 °C, enquanto as matérias-primas refrigeradas são armazenadas a temperaturas que podem variar entre os 0 °C e 7 °C. As matérias-primas

de natureza seca não apresentam condições especiais de armazenamento, sendo movidas para uma unidade de armazenamento que se encontra à temperatura ambiente.

- **Confecção do recheio**

- **Pastéis de nata**

Este processo inicia-se com a preparação de uma primeira mistura composta por diversos ingredientes. Todos estes são adicionados nas quantidades padrão e a cozedura é realizada nas condições de referência. Após a confecção, o recheio é arrefecido num túnel de congelação e permanece numa câmara fria até ao dia seguinte. Deste modo, o recheio atinge uma temperatura de 15 °C, óptima para o processo de empratamento.

- **Empadas**

O processo de confecção dos recheios das diversas variedades de empadas difere de acordo com a receita e com os ingredientes utilizados. De modo geral, os diferentes ingredientes são adicionados por fases numa panela, misturados manualmente e cozidos durante uma duração variável a temperaturas distintas. Após a confecção, o recheio é distribuído por dois carros de inox, registando-se simultaneamente o peso e a temperatura a que se encontra.

- **Doseamento**

Os diversos ingredientes que são necessários para a produção dos alimentos são doseados em secções distintas. Para a preparação da massa base; a água, a farinha tipo 55 e a margarina com 70 % de gordura são doseadas no hall onde se realiza a amassadura. O sal e os ingredientes para a produção dos recheios são doseados nos armazéns de matérias-primas na véspera da confecção, sendo posteriormente enviados nas doses necessárias para as linhas de produção respectivas.

- **Amassadura**

Os ingredientes necessários para a confecção da massa base são inseridos na cuba de uma amassadeira e misturados de forma a produzir uma massa uniforme, a massa base. Os processos de mistura realizam-se em ciclos de 7 minutos por panela a uma temperatura ambiente relativamente fria que ronda os 15 °C. No final de cada ciclo regista-se o peso e a temperatura da massa. Esta deve de apresentar uma temperatura óptima entre 20 – 22 °C.

Os ingredientes são misturados nas devidas quantidades descritas na receita original durante a preparação das duas primeiras doses. Na preparação das doses subsequentes, a margarina deixa de ser utilizada e é substituída na integra por aparas de massa. Este reaproveitamento reduz as taxas de desperdício totais da produção e reduz os consumos de margarina. De notar que a margarina que é

utilizada nesta etapa é idêntica à margarina que é introduzida na linha produtiva durante a fase de empratamento.

- **Fase de Empratamento**

A fase de empratamento é composta pelas seguintes etapas produtivas:

- Laminagem, Dobragem e Calibragem
- Corte e Enrolamento
- Moldagem Automática e Enchimento
- Colocação de tampas (no caso das empadas)

Inicialmente, no decorrer destas etapas, a massa base é processada de forma a que se obtenha diferentes peças de massa que serão utilizadas para a constituição dos alimentos. Após a sua formação, os caracóis e os quadrados de massa folhada são moldados em forma de copo e enchidos com os respetivos recheios. No caso dos pastéis de nata, esta etapa finaliza a constituição do produto final, sendo que as empadas precisam de outras peças que serão utilizadas de forma a encerrar o recheio no interior das bases. Estas etapas e a maquinaria envolvida são exploradas com maior detalhe ao longo dos seguintes capítulos.

- **Congelação**

Os produtos finais são organizados em tabuleiros e transportados em carros para túneis de congelação. O estado de limpeza dos túneis é previamente verificado e caso não se encontre em conformidade, efectua-se uma higienização antes de se colocar os carros com os produtos. Caso os túneis se encontrem limpos, sete carros são colocados e permanecem fechados durante um ciclo de congelação de -30 °C durante 60 minutos. Deste modo, os produtos conseguem atingir uma temperatura de -20 °C.

Após o ciclo de congelação, a temperatura dos produtos é verificada em três fiadas distintas do carro. Caso apresentem uma temperatura superior a -18 °C, os carros permanecem dentro dos túneis de congelação.

- **Estabilização**

Os carros com os produtos são colocados numa câmara a -18 °C até se proceder ao respectivo embalamento. Este período é geralmente de um dia.

- **Embalamento**

- **Empadas**

As empadas são embaladas em cuvetes envoltas em filme e colocadas em cartolinas numa linha autónoma. O controlo de peso nesta linha é um processo automatizado, onde as cuvetes com os produtos

são pesadas individualmente e descartadas automaticamente caso não apresentem o valor de peso estipulado. As cartolinas com as cuvetes são posteriormente embaladas em caixas master.

- **Pastéis de nata**

Além de serem embalados do mesmo modo que as empadas, estes produtos também podem ser embalados a granel em caixas Master com diferentes tamanhos, seguindo as especificações do respectivo comprador. Este tipo de embalagem é realizado de uma forma manual, onde folhas de plástico são inseridas entre cada camada de produto. Neste caso, o controlo de peso é feito por caixa.

- **Armazenamento do produto final**

Após o embalagem e a paletização das caixas Master, os produtos finais são armazenados a temperaturas que rondam os -18 °C até serem distribuídos aos compradores.

Capítulo IV

Produção e Equipamentos

4. Informações gerais sobre os equipamentos

Cumprindo um dos objectivos estabelecidos, este capítulo serve de guia para uma melhor compreensão do funcionamento e da aplicação dos diferentes equipamentos utilizados no decorrer da fase de empratamento. Todas as informações explicitadas ao longo deste capítulo foram obtidas através da observação do funcionamento da linha de produção e da leitura dos manuais dos diversos equipamentos.

As etapas produtivas de laminagem, dobragem e calibragem da massa ocorrem num *Laminador Radini* composto por três secções distintas (I, II e III), sendo que as etapas de corte e enrolamento ocorrem numa *Linha Universal*. Apesar desta diferenciação, ambos os equipamentos estão fisicamente ligados e são controlados por um único terminal de operação, constituindo a Rademaker II.

As etapas produtivas de moldagem automática e enchimento ocorrem na Rademaker I, maquinaria originalmente desenhada para a produção de tortas e de quiches. Contudo, a máquina foi alvo de adaptações por parte do fabricante que permitem a produção de empadas e de pastéis de nata conforme as especificações requisitadas pela Eurofrozen, S.A.

4.1. Características das peças de massa folhada

Face às diferenças estruturais, os parâmetros de trabalho introduzidos e as lâminas utilizadas na guilhotina devem ser ajustados especificamente para a produção de cada tipo de peça. Todas as produções realizadas na Rademaker II seguem o mesmo princípio, ou seja, a produção de massa folhada, mas pequenas alterações têm que ser programadas de forma a atribuir as características que distinguem as diferentes peças de massa. Posto isto, a produção de cada peça cumpre uma receita pré-validada que é posteriormente introduzida na Rademaker II.

Em termos estruturais, o número de camadas de massa e de margarina das peças diferem entre si. Os caracóis de massa são produzidos com recurso a um menor valor de dobras / voltas, originando uma peça de massa com um menor número de camadas em comparação com os restantes dois constituintes das empadas. Deste modo, e após a devida preparação, os quadrados e as tampas de massa são produtos que apresentam uma folhagem ligeiramente superior nas laterais em comparação com os caracóis.

À saída da secção III, além do número de camadas, a espessura e largura da massa que dá origem às diferentes peças de massa também difere entre cada tipo de produção. À saída desta secção, a folha de massa que constitui os quadrados apresenta uma espessura cerca de três vezes superior em relação à massa que constitui as tampas e os caracóis.

De notar que a obtenção dos copos de massa de ambos os pastéis de nata de pesos distintos deriva da produção de caracóis de massa, mas com pesos e dimensões ligeiramente diferentes.

4.2. Funcionamento da Rademaker II

Os parâmetros de produção da Rademaker II são controlados através de um painel de operação que se encontra montado no quadro eléctrico. O software instalado permite uma operação rápida e simples dos equipamentos, sendo possível criar e gravar até 30 receitas com parâmetros estipulados para a produção de diferentes tipos de peças.

Todas as unidades das linhas de produção estão controladas num sistema em cascata, ou seja, a alteração de certos parâmetros, como por exemplo a velocidade de produção, provoca uma alteração automática nas velocidades da maioria das unidades. Após definição dos parâmetros de produção para um determinado produto, o equipamento é capaz de se auto-ajustar de acordo com pequenas variações nas propriedades da massa durante o processamento. Na eventualidade das variações serem substanciais, o sistema já não possui a capacidade de se adaptar correctamente, sendo necessário alterar os parâmetros de trabalhos dos equipamentos manualmente.

Posto isto, para que ocorra uma produção fluída e de forma a garantir que a composição da massa do produto final seja constante, os parâmetros do sistema não devem de ser constantemente alterados. Para evitar esta situação, torna-se necessário assegurar que a quantidade / composição / temperatura dos ingredientes que constituem a massa base e que as temperaturas / tempos utilizados na linha durante a produção se mantenham constantes.

Dado que a produção de pastéis de nata envolve apenas a constituição de um tipo de peça de massa, os parâmetros de trabalho na Rademaker II não precisam de ser alterados ao longo da produção, caracterizando-se por ser uma produção mais simples e fluída.

Por oposição, a produção de empadas envolve a constituição de dois tipos de peças de massa, sendo que a gestão de produção se torna ligeiramente mais complexa. Neste caso, é necessário alternar a produção da Rademaker II entre quadrados e tampas de massa, e consequentemente os parâmetros e os moldes da guilhotina utilizados. Contudo, os parâmetros utilizados na produção de ambos os tipos de peças de massa são iguais na secção I e na secção II, sendo que diferem maioritariamente na secção III e na linha universal. Uma dose de massa base introduzida na Rademaker II não produz as mesmas quantidades de tampas e de quadrados, e mesmo com uma estimativa de produção, cabe à responsável de linha verificar as quantidades de tampas e de quadrados já produzidos e analisar a necessidade de produção em relação à quantidade de recheio disponibilizada.

Apesar de ser uma linha maioritariamente autónoma, o funcionamento da Rademaker II necessita da colaboração de 5 - 6 operários. A introdução da massa base no equipamento e a recolha dos produtos são realizadas de uma forma manual. Além disso, um responsável regula o processamento geral da massa e da margarina ao longo da linha realizando alterações nos parâmetros de trabalho sempre que sejam necessárias.

A estruturação dos equipamentos que constituem a Rademaker II encontra-se evidenciada na *figura 4.1*. De uma forma geral, todos os tapetes de transporte possuem uma largura de 65 cm e as diferentes unidades da linha possuem uma largura de trabalho de 60 cm.

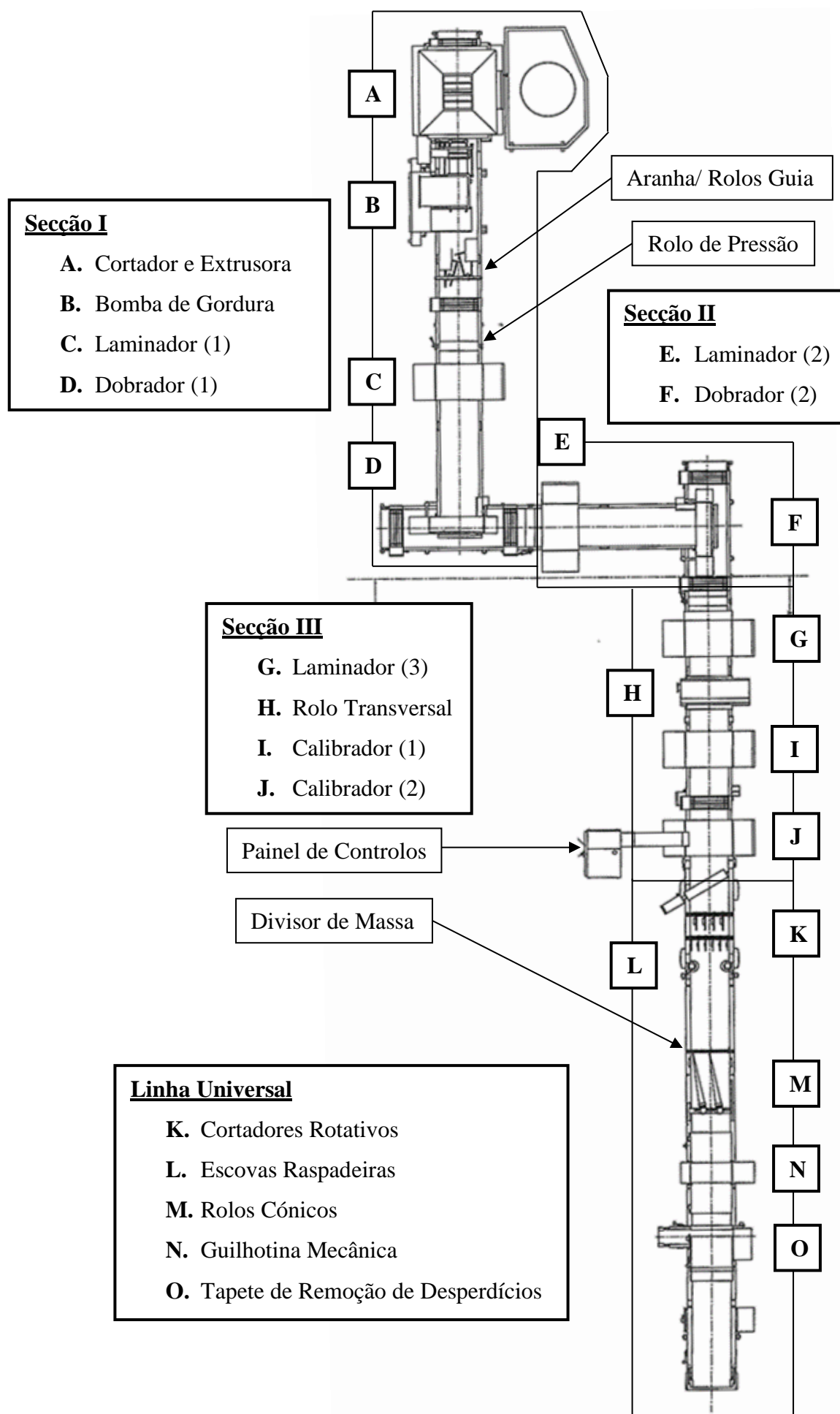


Figura 4.1. – Mapa informativo das unidades da Rademaker II. Estas estão ordenadas alfabeticamente na figura de forma correspondente à sua posição na linha de produção (adaptado do “Manual de peças” da Rademaker).

4.2.1. Secções I e II

4.2.1.1. Cortador e Extrusora

Após a confecção e verificação do estado da massa base, a cuba é encaminhada para um elevador que permite a inserção da massa na tremonha do cortador. Esta unidade tem a capacidade de cortar uma grande quantidade volumosa de massa (no máximo até 200 kg) em porções mais pequenas.

O cortador é constituído por dois rolos que estão divididos em quatro secções com lâminas de corte. Estes encontram-se montados paralelamente e giram para o centro. Desta forma, cada vez que os rolos giram 90 °, a massa é cortada e dá origem a pedaços mais pequenos (*Figura 4.2.*). O cortador encontra-se acoplado à tremonha de uma extrusora fixa. Esta unidade é capaz de produzir uma folha de massa contínua com 55 cm de largura e com espessura variável. A alimentação da extrusora é um processo autónomo, uma vez que os rolos do cortador são ligados quando um sensor de controlo dentro da tremonha da extrusora detecta uma baixa quantidade de massa.

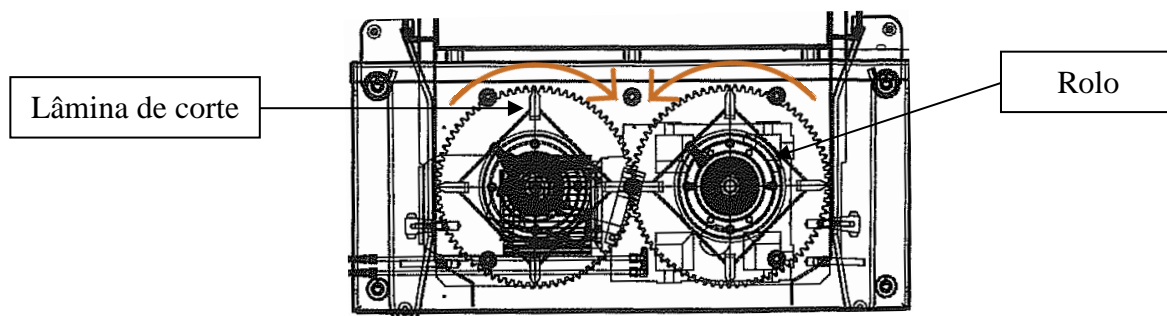


Figura 4.2. – Diagrama dos constituintes do cortador. Na figura encontra-se representado os dois rolos e as respectivas secções de lâminas de corte que constituem a unidade. As setas realçadas representam a direcção do movimento rotativo de cada rolo (adaptado de Rademaker, 2008).

Um polvilhador de farinha encontra-se posicionado previamente à extrusora de modo a reduzir a adesão da folha de massa ao tapete de transporte, facilitando o processamento ao longo da secção I da Rademaker II.

Além da tremonha, a extrusora também é composta por três rolos (dois superiores e um inferior) com 20cm de diâmetro. Um dos rolos superiores apresenta uma configuração dentada de forma a facilitar a alimentação dos restantes dois rolos, que por sua vez possuem uma superfície macia e cuja função é a formação da folha de massa. As superfícies macias são limpas com o auxílio de raspadores removíveis. Deste modo, a formação da folha de massa mantém-se homogénea e não é afectada por resíduos que

possam ter aderido às superfícies e que doutro modo poderiam causar discrepâncias quando retornassem pelos rolos (*Figura 3.4.*).

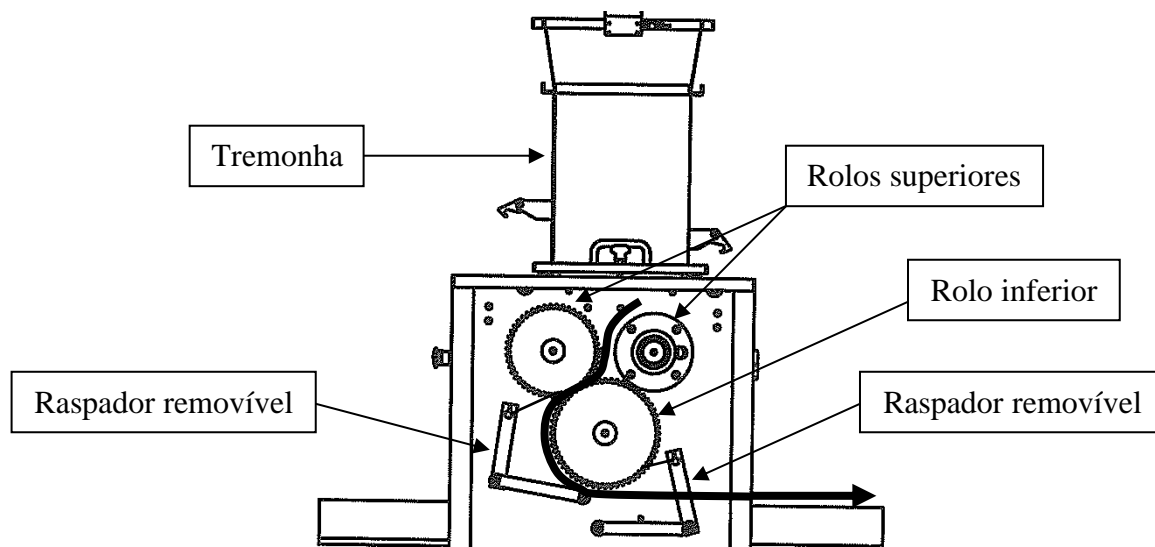


Figura 4.3. – Diagrama dos componentes da extrusora. A seta realçada representa a direcção em que a folha de massa flui através do aparelho (adaptado de Rademaker, 2008).

A extrusora dispõe dos seguintes parâmetros de trabalho ajustáveis:

- **Espessura da massa (mm)**

A distância entre os dois rolos macios não é fixa. Esta varia de acordo com a espessura da folha de massa desejada que se encontra introduzida no painel de controlos. A distância entre os dois rolos macios será idêntica ao valor da espessura introduzida.

- **Velocidade do rolo dentado (%)**

A velocidade do rolo superior dentado deve ser ajustada de modo a fornecer um fluxo constante de massa aos rolos macios. Se a velocidade definida for demasiado elevada, a massa irá sair para fora dos rolos. Se a velocidade definida for demasiado reduzida, a folha de massa irá conter buracos.

- **Velocidade do rolo inferior (%)**

Esta velocidade contribui levemente para a largura e para a velocidade de saída da folha de massa. Uma velocidade superior origina uma folha de massa mais larga, e vice-versa.

4.2.1.2. Bomba de Gordura

Após a sua formação, a folha de massa é transportada até uma bomba de gordura. Esta unidade coloca uma camada contínua de margarina com 23 cm de largura e com uma espessura ajustável entre 3 a 20 mm. A camada de margarina introduzida cobre um pouco menos de metade da largura da folha de massa que atravessa a unidade. Teoricamente, a margarina deve de ser introduzida a uma temperatura entre 18 – 20 °C para um óptimo processamento.

Dado que a margarina é um dos componentes principais da massa folhada, o seu processo de distribuição ao longo da massa tem que ser realizado de uma forma homogénea, garantindo simultaneamente que a quantidade de margarina se mantém constante por unidade de massa.

Placas de margarina são introduzidas no sistema através de uma tremonha fixa. Esta encontra-se colocada sobre dois parafusos de alimentação paralelos, que juntamente com um rolo de pressão adjacente, encaminham a margarina para uma bomba com rolos. A velocidade dos parafusos ajusta-se autonomamente em relação à quantidade de margarina que é transportada até à bomba com rolos. Desta forma, a pressão que é aplicada sobre a margarina durante este trajeto é constante e idêntica à programada. Por sua vez, a bomba com rolos alimenta um bico de gordura que coloca a margarina sobre a folha de massa (*Figura 4.4.*). O bico de gordura pode ser descrito como uma abertura rectangular que pode ser ajustada em comprimento, mas que apresenta uma largura fixa de 22,5 cm.

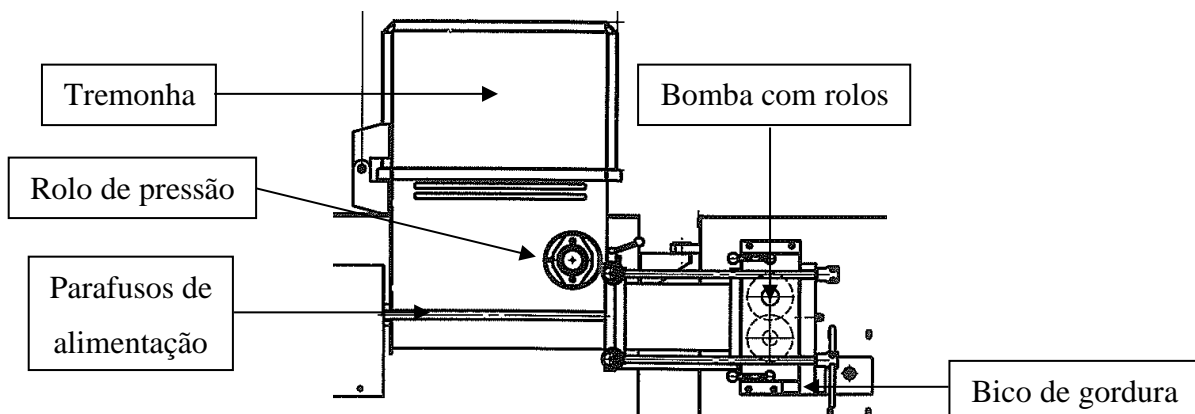


Figura 4.4. – Diagrama dos componentes da bomba de gordura. Na figura não se encontra representado o aspecto dos parafusos de alimentação. Contudo, a localização destes é indicada pela seta (adaptado de Rademaker, 2008).

A bomba de gordura dispõe dos seguintes parâmetros de trabalho ajustáveis:

- **Espessura da margarina (mm)**

A espessura da margarina é controlada por um canal (bico de gordura) inferior à bomba com rolos. Este canal é controlado por uma barreira física cuja posição horizontal se ajusta de acordo com a espessura de margarina inserida no painel de controlos. Quanto maior for a espessura desejada, maior é o valor do comprimento da abertura por onde sai a margarina, e vice-versa.

- **Velocidade da bomba com rolos (%)**

A velocidade com que a margarina deixa a bomba de gordura é regulável através do ajuste da velocidade da bomba com rolos. Velocidades superiores provocam um aumento da alimentação do bico de gordura com margarina, que por sua vez aumenta a quantidade de margarina depositada sobre a folha de massa e vice-versa. No caso de a folha de margarina apresentar buracos, é necessário um aumento do valor deste parâmetro. No caso de a folha de margarina apresentar ondulações, é necessário diminuir o valor deste parâmetro.

- **Torque dos parafusos de alimentação (%)**

A pressão que é aplicada sobre a margarina durante o trajecto até à bomba com rolos é regulada através deste parâmetro. Os valores do torque dos parafusos de alimentação, inseridos no painel de controlo, têm uma escala de 0 – 100 %, representando respectivamente a força mínima e máxima que os parafusos conseguem exercer.

Na eventualidade de a margarina apresentar uma temperatura inferior à óptima de trabalho (devido às condições de armazenamento ou por outro motivo) é necessário aumentar o valor deste parâmetro de modo a compensar a resistência adicional exercida pela margarina. Nestas situações, a margarina possui um carácter mais firme, sendo necessário aumentar o torque dos parafusos para o funcionamento normal da bomba de gordura. No caso de a margarina apresentar uma temperatura superior à óptima de trabalho, o inverso aplica-se.

4.2.1.3. Aranha / rolos guia

À saída da bomba de gordura, os lados exteriores da folha de massa são dobrados e fechados em direcção ao centro através de um sistema composto por uma “aranha” metálica e por rolos guia ajustáveis. Esta dobra origina um invólucro de massa fechado em redor da camada de margarina. A dobra tem que ficar ligeiramente sobreposta de modo a certificar que o invólucro é fechado na integra, sendo que a saliência resultante é homogeneizada antes de chegar ao laminador por um rolo de pressão. A altura do rolo é ajustável manualmente.

Apesar de simples, esta etapa requer uma atenção constante devido à sua importância. A qualidade e a homogeneidade do invólucro afecta a difusão transversal da margarina pela folha de massa quando este é processado no laminador seguinte. Este passo é elaborado com maior detalhe no capítulo IV.

4.2.1.4. Segmento de laminagem e dobragem

O invólucro de massa é transportado até ao segmento de laminagem e dobragem. Como se pode visualizar na *figura 4.1.*, este segmento é constituído por dois conjuntos de um laminador antecedente a um dobrador. O primeiro conjunto é aplicado no final da secção I, sendo que o segundo conjunto caracteriza a secção II. Entre cada equipamento encontram-se colocados polvilhadores de farinha

4.2.1.4.1. Laminador

O processo de laminagem ocorre nos laminadores, equipamentos que possuem a capacidade de reduzir a folha de massa para uma espessura ajustável numa relação de redução máxima de 7:1. O laminador é constituído por duas unidades de rolos, uma superior e outra inferior, e por um controlador de saída (*Figura 4.5.*). A unidade de rolos superior é composta por 9 rolos com 6 cm de diâmetro, que por sua vez se encontram instalados num tambor comum com 30cm de diâmetro. O rolo inferior possui um diâmetro de 17,5 cm. A distância entre as duas unidades é ajustável entre 2 – 20 mm de acordo com a espessura de saída desejada.

À saída do equipamento, a folha de massa movimenta-se pelo controlador de saída. A posição deste é fisicamente alterada de acordo com a diferença entre a velocidade de saída da folha de massa e a velocidade do tapete transportador posterior. A posição do controlador de saída de cada laminador é ajustável no terminal de operação da Rademaker II, sendo que a posição desejada corresponde à que origina uma folha de massa sem problemas à saída do equipamento. Caso o controlador se movimente para fora da posição introduzida, o sensor analógico indica ao sistema que há distúrbios entre as velocidades. No momento em que isto se sucede, o terminal de operação ajusta a velocidade de saída do laminador (velocidade do rolo inferior) até que o controlador regresse à posição original. Desta forma, a qualidade da folha de massa à saída do laminador mantém-se constante e sem anomalias ao longo do processo de produção. A velocidade do tapete posterior nunca é alvo de alteração por parte deste sistema pois interfere com a velocidade de alimentação do equipamento posterior.

O controlador de saída pode ser desligado na eventualidade de não estar a funcionar de uma forma optimizada, sendo que a velocidade de saída passa a ser regulada manualmente no terminal de operação.

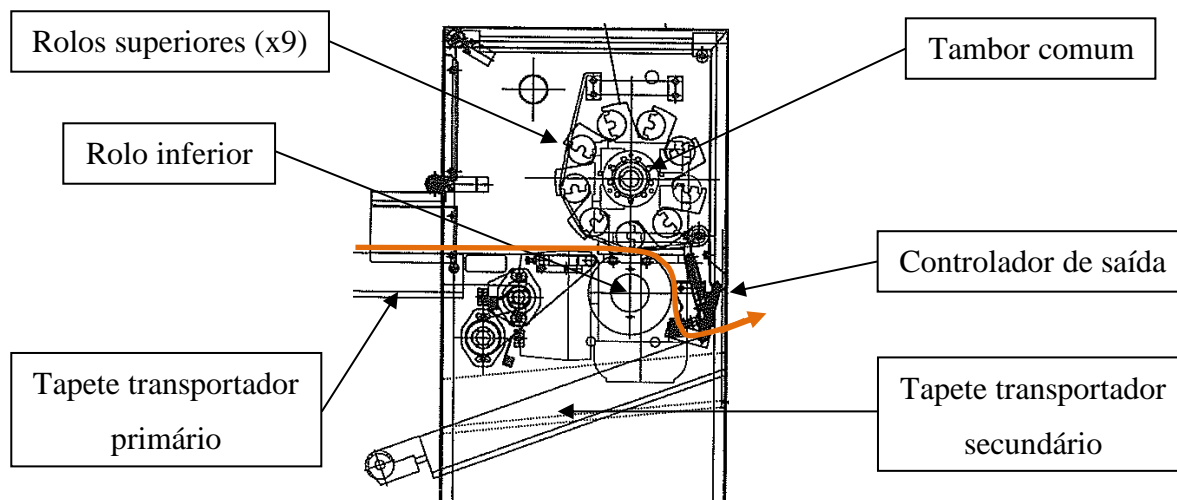


Figura 4.5. - Diagrama dos componentes do laminador. A seta realçada representa a direcção em que o invólucro de massa com margarina flui através do aparelho quando este se encontra em funcionamento (adaptado de Rademaker, 2008).

Os laminadores dispõem dos seguintes parâmetros de trabalho ajustáveis:

- **Espessura da folha de massa à saída (mm)**

A distância entre os rolos superiores e inferior é ajustada autonomamente de acordo com a espessura desejada à saída do aparelho. Esta espessura pode ser definida entre 2 – 20 mm.

- **Controlo de alimentação**

- **Velocidade de alimentação (%)**

Este parâmetro regula a velocidade do tapete transportador primário, que por sua vez transporta o invólucro de massa até à entrada do laminador. A velocidade tem que ser regulada caso a massa apresente distúrbios à entrada ou na saída. No caso da massa formar aglomerados à entrada da unidade, a velocidade de alimentação tem que ser reduzida. No caso da massa ficar demasiado estreita à entrada ou apresentar danos nas laterais à saída, a velocidade de alimentação tem que ser aumentada.

- **Velocidade dos rolos superiores (%)**

Este parâmetro está ligado com a firmeza da massa. Os rolos têm que apresentar uma velocidade mais elevada caso a massa apresente uma estrutura mais firme. Deste modo optimiza-se o processamento da massa pela unidade.

- **Controlo de saída**

- **Velocidade de saída (%)**

Este parâmetro só se utiliza caso o controlador de saída se encontre desligado em virtude de não produzir os resultados esperados.

Este parâmetro determina as velocidades dos rolos superiores e do rolo inferior, que por sua vez estão relacionadas com a velocidade de saída da massa. O aumento desta velocidade gera um maior fluxo de massa à saída do laminador através do aumento da velocidade dos rolos superiores e da diminuição da velocidade do rolo inferior. Tendo isto em consideração, no caso de a massa sair com dobras, o valor da velocidade tem que ser reduzido. Caso a massa saia com danos ou brechas nas laterais, o valor da velocidade tem que ser aumentado.

- **Posição do controlador de saída (%)**

A posição do controlador de saída determina a velocidade de saída da massa. Um sensor mede continuamente a sua posição ao longo da produção, mantendo este na posição introduzida acelerando ou diminuindo a velocidade de saída.

O aumento deste valor coloca o controlador numa posição mais elevada, o que provoca um menor fluxo de massa à saída, ou seja, uma diminuição da velocidade de saída e um aumento da tensão da massa. A diminuição deste valor coloca o controlador numa posição mais baixa, o que por sua vez provoca um aumento no fluxo de massa à saída, ou seja, um aumento da velocidade de saída e uma redução na tensão da massa. Deste modo, se a massa sair do laminador com dobras, é necessário aumentar a posição do controlador de modo a reduzir o fluxo de massa. Se a massa sair do laminador com brechas e danos nas laterais, é necessário reduzir a posição do controlador de modo a aumentar o fluxo de massa.

4.2.1.4.2. Dobrador

A dobragem ocorre com o auxílio de sistemas contínuos de laminação vertical, também designados como dobradores. Estes são capazes de produzir uma determinada quantidade de camadas (2,4, 6 ou 8) a partir de uma única folha de massa. Uma vez que se encontram implementados dois dobradores ao longo da Rademaker II, o número total de camadas existentes no produto final irá corresponder à multiplicação do número de camadas inseridos em cada dobrador. Por exemplo, uma combinação de 4 camadas no primeiro dobrador com 4 camadas no segundo dobrador irá originar um produto final com um total de 16 camadas. A dobragem é um processo de grande importância, visto que a qualidade das camadas de massa e de margarina afectam profundamente a qualidade da estrutura do produto final e do

processo de folhagem da massa, sendo que um maior número de camadas confere ao produto final um maior grau de folhagem após a sua preparação.

O tapete de transporte primário encaminha a folha de massa até à placa de laminação vertical, revestida internamente por teflon de modo a reduzir a capacidade de adesão da massa à superfície. Esta placa deposita as camadas no tapete de transporte secundário num ângulo de 90° através de um movimento para a frente e para trás contínuo. A distância total do movimento é ajustável entre 250 – 500 mm, sendo que diferentes comprimentos de laminação irão formar camadas com diferentes larguras (Figura 4.6.).

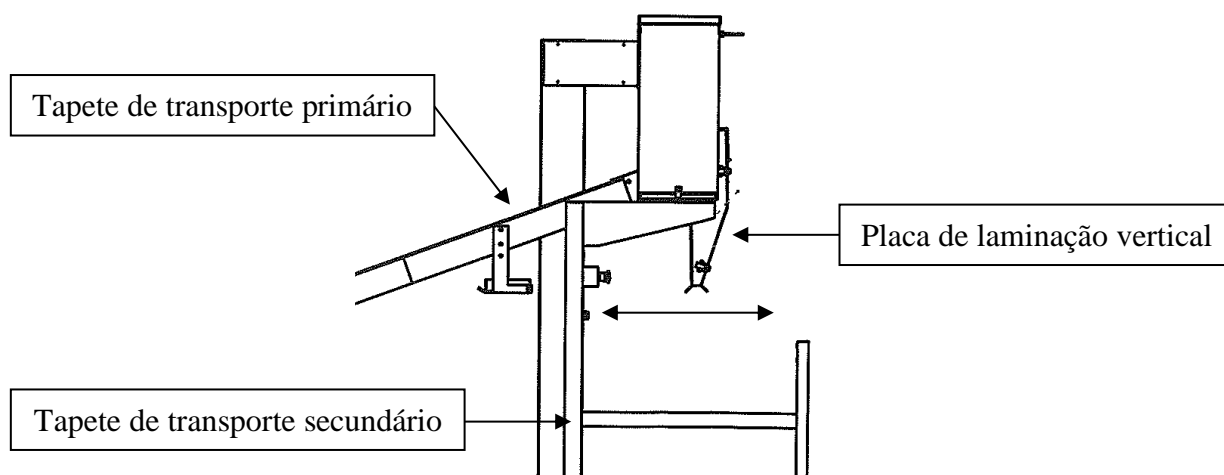


Figura 4.6. - Diagrama dos componentes do dobrador. A linha com seta dupla representa a direcção do movimento da placa de laminação vertical durante o seu funcionamento. Os tapetes de transporte primários dos dobradores são equivalentes aos tapetes de transporte secundários do laminadores antecedentes (adaptado de Rademaker, 2008).

Apesar de ser um método de laminação simétrico, as sobreposições das camadas criadas por estes sistemas não são análogas às sobreposições das camadas criadas manualmente através de métodos convencionais descontínuos, utilizados na confecção de massa folhada. Porque é um sistema contínuo, o método de dobragem realizado pelo dobrador origina um padrão sinusoidal de camadas que não são sobrepostas de forma exacta (Figura 4.7.).

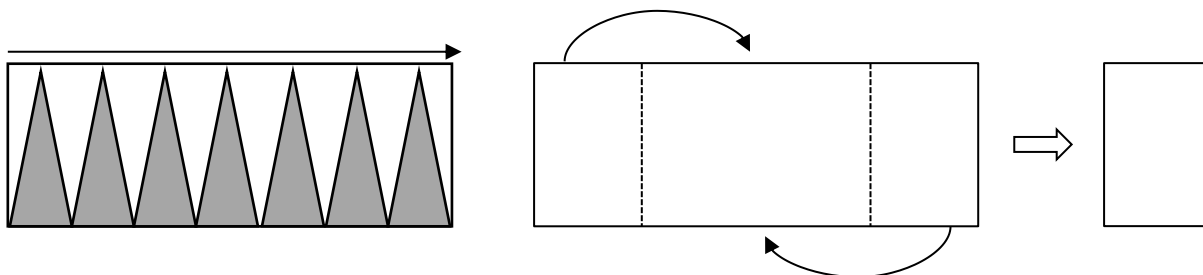


Figura 4.7. – Comparação entre as camadas obtidas após os sistemas contínuos de laminação vertical, que não são sobrepostas de forma exacta (esquerda), e as dobras realizadas por um dos métodos manuais simples, que origina camadas sobrepostas de forma exacta (direita). A seta da ilustração da esquerda representa a direcção em que se move a folha de massa após ser depositada pelo sistema de laminação vertical. As setas da ilustração da direita representam os movimentos de dobragem aplicado sobre a folha de massa utilizando um método manual simples.

Contudo, após ser depositada, a folha de massa apresenta em qualquer ponto o número de camadas introduzido no painel de controlo caso os dobradores se encontrem correctamente ajustados (*figura 4.8.*). Assim, o sistema contínuo de dobragem é capaz de produzir os mesmos resultados que os métodos manuais descontínuos. Sendo um sistema automatizado, é possível obterem-se maiores velocidades de produção sem se comprometer a qualidade e a consistência do produto final.

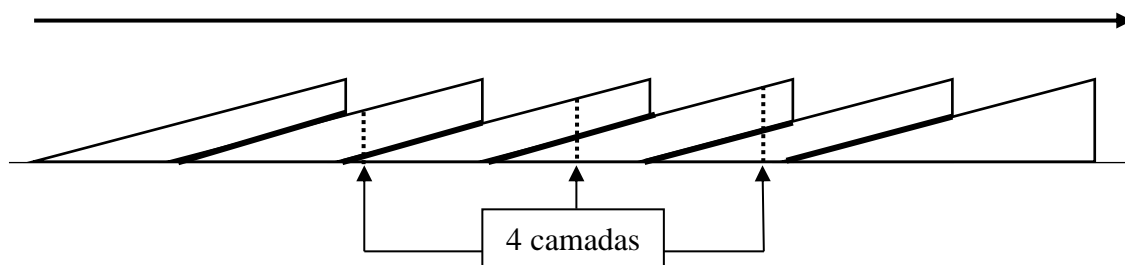


Figura 4.8. – Exemplo ilustrativo das camadas depositadas pelos sistemas de laminação vertical quando programados para gerarem 4 camadas. A seta representa a direcção em que o conjunto de massa flui depois de ser depositado. As secções das dobras que se encontram evidenciadas a negrito correspondem a regiões em que se encontram depositadas duas camadas.

O dobrador dispõe dos seguintes parâmetros de trabalho ajustáveis:

- **Número de camadas**

Este parâmetro define a quantidade de camadas que irão ser depositadas no tapete de transporte secundário. O número de camadas que podem ser introduzidas são 2, 4, 6 ou 8 por dobrador.

- **Correcção do número de camadas**

As camadas que são colocadas pelos dobradores podem apresentar pequenas discrepâncias ao longo do comprimento devido às pequenas diferenças das características físicas e viscoelásticas que as massas confeccionadas apresentam entre si. Estas pequenas discrepâncias traduzem-se em pequenos erros no número real do número de camadas, ou seja, considerando a organização da sobreposição das camadas da *figura 4.8.*, as camadas podem estar colocadas mais para a frente ou para trás, sendo que nestes casos, em certas zonas onde as camadas se sobrepõem, podem estar mais ou menos camadas do que as programadas no painel de controlo. Para corrigir estas pequenas discrepâncias, utiliza-se este parâmetro para avançar ou atrasar a sobreposição das camadas. Este parâmetro não possui unidades, mas pode-se considerar que os valores correspondem a milímetros. No caso de a folha apresentar mais camadas em certas zonas é necessário diminuir este parâmetro e vice-versa.

- **Velocidade do movimento (%)**

Durante o processo de deposição das camadas no tapete de transporte secundário, pretende-se que a massa seja colocada sem ser empurrada para o centro ou sem formar saliências nas zonas onde a massa dobra. Caso a massa apresente estes problemas, este parâmetro tem que ser alterado. Se a massa apresentar as saliências, a velocidade de trabalho do dobrador tem que ser aumentada. Se a lâmina for puxada para o centro enquanto está a ser depositada, a velocidade de trabalho do dobrador tem que ser reduzida.

- **Distância relativamente à frente e Distância relativamente à traseira**

A distância onde é colocada a folha de massa relativamente à parte frontal e à parte traseira desde o centro do tapete é ajustada com este parâmetro. O ajuste deste parâmetro está relacionado com a largura total da folha de massa depositada, sendo que uma estimativa da largura da folha pode ser calculada somando o valor de ambas as distâncias. O aumento ou diminuição deste parâmetro pode interferir com a sobreposição das camadas depositadas, interferindo com o número total de camadas. Caso seja necessário, pode-se corrigir esta situação alterando o parâmetro de correcção do número de camadas.

4.2.2. Secção III

Após o segmento de laminagem e dobragem, a folha de massa é transportada até à secção III. Esta secção representa um segmento de laminagem e calibragem, sendo que a espessura da folha de massa é ajustada e reduzida continuamente. A espessura da folha de massa que se obtém no final da secção III é programada tendo em consideração as características e os pesos de cada produto final. Teoricamente, uma massa mais espessa origina um produto final de maior peso. Além disso, também é necessário ter em consideração as propriedades viscoelásticas da massa. Esta tem tendência a expandir quando deixa

as unidades de processamento, sendo que quanto maior for a redução da espessura, maior será o nível de expansão da massa à saída da secção III.

A secção III é composta por um laminador, um rolo transversal, dois calibradores e por polvilhadores de farinha, aplicados entre cada equipamento. A laminagem ocorre num laminador análogo aos da secção I e II, equipamento que se encontra descrito em detalhe no *subcapítulo 4.2.1.4.1. – Laminador, pág.47*; sendo que a calibragem ocorre em estações de medição, também designados por calibradores.

4.2.2.1. Rolo transversal

O rolo transversal é um equipamento que se encontra colocado entre o laminador e os calibradores da secção III. Este equipamento é implementado para ajustar a largura da folha de massa através de um movimento transversal contínuo aplicado sobre esta. A redução unilateral da folha de massa também é compensada simultaneamente devido ao método em si.

A unidade consiste de um rolo cilíndrico com 12 cm de diâmetro e 17,5 cm de comprimento. A altura do rolo é ajustável entre 1 – 25 mm, sendo que a altura aplicada irá determinar o nível de redução de espessura e o aumento da largura da folha de massa.

4.2.2.2. Calibradores

Os calibradores são equipamentos que possuem algumas características semelhantes relativamente aos laminadores. Ambas as unidades são implementadas com o intuito de reduzir a espessura da folha de massa, sendo que as diferenças se encontram nas relações de redução máximas, nas características dos rolos e nos controladores de velocidade. Os laminadores são unidades que conseguem trabalhar dentro de uma relação de redução máxima de 7:1, ao invés dos calibradores, que são unidades que conseguem trabalhar dentro de uma relação mais restrita de 2:1.

De uma forma similar aos laminadores, os calibradores são constituídos por dois rolos, um superior e um inferior, por um controlador de saída e por um controlador adicional à entrada do equipamento, o controlador digital de alimentação de massa (*Figura 4.9.*). Ambos os rolos são iguais e encontram-se montados um sobre o outro. Cada rolo possui 17,5 cm de diâmetro, sendo iguais ao rolo inferior dos laminadores. Devido a este tipo de configuração, os calibradores são equipamentos capazes de produzir folhas de massa de menor espessura e de maior qualidade, dentro de uma margem de 1 – 15 mm. O controlador de saída aplicado nos calibradores é análogo ao controlador de saída aplicado nos laminadores, sendo o método de funcionamento idêntico.

O controlador digital de alimentação de massa é constituído por um sensor ligado a um rolo pequeno. Quando a folha de massa entra na unidade, esta movimenta-se pelo controlador e levanta o rolo. Este movimento gera um sinal que indica ao terminal de operação que existe massa a entrar no equipamento. No momento em que isto se sucede, o controlador compara a velocidade de alimentação da massa com a velocidade do tapete de transporte primário. A velocidade de alimentação da massa é calculada através da velocidade de rolamento do pequeno rolo, movimento provocado pela velocidade de movimentação da massa. O valor da diferença entre as velocidades é um parâmetro ajustável no terminal de operação. Quando a relação entre as velocidades se começa a desviar do valor introduzido no terminal de operação, este corrige a velocidade do tapete de transporte primário de forma a manter o valor da relação igual ao introduzido. Este controlador pode ser desligado caso não esteja a funcionar de uma forma optimizada. Neste caso, a velocidade de alimentação passa a ser ajustada manualmente no terminal de operação.

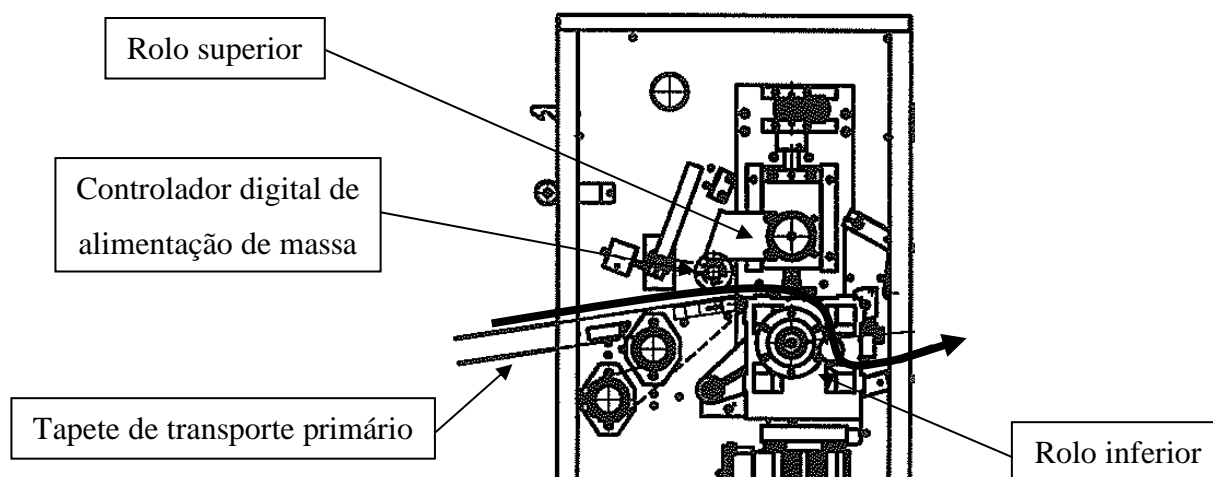


Figura 4.9. – Diagrama dos componentes do calibrador. Na figura não se encontra representado o controlador de saída e o tapete de transporte secundário. A seta realçada representa a direcção em que a folha de massa flui através da unidade quando se encontra em funcionamento (adaptado de Rademaker, 2008).

Os parâmetros de trabalho dos calibradores são idênticos aos dos laminadores, à excepção dos parâmetros do controlo de alimentação que se tornam diferentes devido à implementação do controlador de alimentação:

- **Controlo de alimentação**

- **Relação do controlador digital de alimentação de massa (%)**

Este parâmetro representa a diferença entre a velocidade do movimento da massa e a velocidade do tapete de transporte primário. Quando se introduz um valor de 83 %, a massa e o tapete movimentam-se com as mesmas velocidades. Contudo, velocidades idênticas podem não garantir um fluxo de massa sem problemas. Se introduzirmos um valor superior a 83 %, a massa movimenta-se com uma velocidade

superior relativamente ao tapete de transporte primário, o que se traduz no aumento da quantidade de massa movimentada para a entrada do equipamento. Assim, caso a massa fique demasiado estreita à entrada ou apresentar danos nas laterais à saída, a relação do controlador tem de ser aumentada de forma a que uma maior quantidade de massa seja fornecida ao sistema. No caso de a massa formar aglomerados à entrada da unidade, a relação do controlador tem que ser reduzida de forma a fornecer uma menor quantidade de massa ao sistema.

4.2.3. Linha Universal

Após o ajuste da espessura da folha de massa na secção III, esta é transportada até à última parcela da Rademaker II, a Linha Universal. Neste segmento, a folha de massa é alvo das últimas etapas de processamento que irão dar origem às peças de massa que serão utilizadas na Rademaker I.

Este segmento é composto principalmente por quatro unidades de processamento: cortadores rotativos; rolos cónicos; guilhotina e tapete de remoção de desperdícios. Diferentes unidades e configurações podem ser implementadas de acordo com o tipo de peça de massa a ser produzida (*Tabela 4.1.*).

Tabela 4.1. – Respectivas unidades da linha universal utilizadas na produção de caracóis, quadrados ou tampas de massa folhada.

Peças de massa	Linha Universal			
	Cortadores rotativos	Rolos cónicos	Guilhotina Mecânica	Tapete de remoção de desperdícios
Caracol	✓	✓	✓ Lâmina direita	-
Quadrado	✓	-	✓ Lâmina direita	-
Tampa	-	-	✓ Lâmina de formas	✓

A produção habitual de qualquer variedade de empada envolve o ajuste físico da linha universal uma vez que é necessário a produção de quadrados e de tampas. Este ajuste baseia-se na troca da lâmina da guilhotina mecânica e a aplicação (ou remoção) dos cortadores rotativos e do tapete de remoção de desperdícios. Como a produção dos pastéis envolve apenas a produção de caracóis de massa, o processo

torna-se mais simples. Após a colocação das respectivas unidades, os únicos ajustes que porventura possam ser necessários estão ligados com a qualidade do processo produtivo.

4.2.3.1. Cortadores rotativos

Os cortadores rotativos são unidades que cortam a folha de massa após o último calibrador em tiras mais pequenas. Os cortes são realizados mecanicamente por acção do próprio peso das lâminas. O conjunto é composto no total por doze lâminas circulares com articulações que permitem uma colocação e remoção fáceis sobre o tapete. Este conjunto encontra-se montado transversalmente ao longo de um eixo principal, sendo que um segundo eixo determina as posições de colocação das lâminas através de raios guiadores ajustáveis.

Os cortadores rotativos são aplicados na produção de caracóis e de quadrados de massa. Na produção de caracóis de massa, a folha é cortada ao centro e nas periferias. Estes cortes dão origem a duas tiras de massa que são posteriormente enroladas e cortadas em comprimento. A distância entre os cortadores é inferior na produção de pastéis de nata de 55 g em comparação com os maiores. Na produção de quadrados de massa, todos os cortadores rotativos são aplicados na linha com distâncias idênticas entre si. Em ambas as produções, os cortes originam aparas que são posteriormente reaproveitadas na etapa de amassadura, durante a confecção de massa base, ou na produção de folhas de massa num laminador mecânico, que são utilizadas exclusivamente para a produção de quadrados de massa. As aparas são removidas com o auxílio de duas escovas raspadeiras com 25 cm de diâmetro montadas em cada lado do tapete.

4.2.3.2. Rolos cónicos

Os rolos cónicos são dois rolos aplicados na linha de produção capazes de enrolar as tiras de massa criadas pelos cortadores rotativos. Estes são acompanhados por um divisor de massa montado na parte frontal dos rolos que auxiliam o início do processo. Cada rolo tem a capacidade de enrolar uma tira de massa com uma largura máxima de 30 cm, sendo que a largura e o ângulo de trabalho dos rolos podem ser ajustados manualmente. Os rolos possuem um comprimento de 90 cm. É possível ajustar a direcção e a velocidade do enrolamento no sentido dos ponteiros do relógio ou no sentido contrário. A velocidade que é aplicada durante o processo irá influenciar a forma como a massa é enrolada. Se a velocidade aplicada for baixa, a massa será enrolada de uma forma mais solta, enquanto uma velocidade elevada enrola a massa com maior pressão. Esta unidade é aplicada exclusivamente na produção de caracóis de massa e forma duas filas de massa enrolada que são cortadas posteriormente em comprimento na guilhotina mecânica (*Figura 4.10*).



Figura 4.10. – Enrolamento das duas tiras de massa nos rolos cónicos durante a produção de caracóis de massa folhada.

4.2.3.3. Guilhotina mecânica

A guilhotina mecânica corta unidades de massa em comprimento com o auxílio de duas lâminas diferentes, implementadas consoante o tipo de produção. Estas unidades de massa não podem possuir uma altura superior a 5cm de modo a que consigam se movimentar pelo equipamento. No caso da produção de caracóis e quadrados de massa, utiliza-se uma lâmina de corte direita na guilhotina. A utilização desta lâmina permite o ajuste da distância entre cada movimento de corte, sendo possível obter peças de massa com comprimentos diferentes.

A produção de tampas de massa requer uma lâmina especial composta por moldes que correspondem a uma porção das tampas (*Figura 4.11.*). Devido a este tipo de configuração, a distância entre cada movimento de corte utilizada na linha é fixa para este tipo de produção, independentemente de ser ajustável. A distância de corte utilizada corresponde à distância em que os moldes se sobrepõem corretamente e cortam a massa de forma a que as porções das tampas se alinhem perfeitamente, originando uma tampa completa e homogénea nas extremidades.



Figura 4.11. – Lâmina de formas utilizada na produção de tampas de massa. Esta é composta por duas fiadas de sete moldes que correspondem a uma porção das tampas. Os moldes encontram-se separados verticalmente por uma distância de 1cm e horizontalmente por uma distância de 1,5cm.

Sendo que a produção de empadas deriva da produção de quadrados e de tampas de massa, as lâminas necessitam de ser trocadas regularmente entre cada tipo de produção.

4.2.3.4. Tapetes de remoção de desperdícios

A produção de tampas de massa é o tipo de produção que gera a maior quantidade de aparas na Rademaker II devido ao espaçamento entre os moldes. Este tipo de corte origina uma vasta rede de massa contínua que necessita de ser removida do tapete de transporte. Para tal, um sistema de retorno de massa que transfere as aparas para fora da linha de produção é implementado. Este sistema é composto por dois tapetes distintos. O primeiro apresenta uma pequena inclinação e encontra-se montado paralelamente sobre o tapete principal onde flui as tampas e as aparas. O tapete inclinado é programado de forma a funcionar com a mesma velocidade que a de produção. As aparas são puxadas e encaminhadas pelo primeiro tapete até ao segundo. O segundo tapete desloca-se a 90° em relação ao tapete inclinado, movimentando as aparas para fora da linha (*Figura 4.12.*). De forma análoga às aparas recolhidas nos cortadores, as aparas recolhidas neste sistema são reaproveitadas na etapa de amassadura ou na produção de folhas de massa no laminador mecânico.

Este sistema de retorno de massa não é implementado na produção de quadrados e de caracóis de massa.



Figura 4.12. – Funcionamento do sistema de remoção de desperdícios. É possível visualizar a formação da rede de massa, e consequentemente a formação de uma vasta quantidade de desperdício. Caso os parâmetros de trabalho da Rademaker II não se encontrem devidamente ajustados, a folha de massa não irá apresentar uma largura óptima de trabalho ao processamento na guilhotina à saída da secção III. Neste caso, a folha de massa não possui a largura mínima para ser processada por todos os moldes da lâmina de formas, originando tampas incompletas que são consideradas desperdício. Apesar de raro, este fenómeno encontra-se evidenciado na figura.

4.3. Funcionamento da Rademaker I

As peças de massa que passam no controlo de peso são enviadas para a Rademaker I em tabuleiros. Este equipamento é responsável pelas etapas produtivas de moldagem automática e enchimento que resultam na formação das empadas e dos pastéis de nata. As unidades principais que constituem a Rademaker I encontram-se representadas na *figura 4.13*.

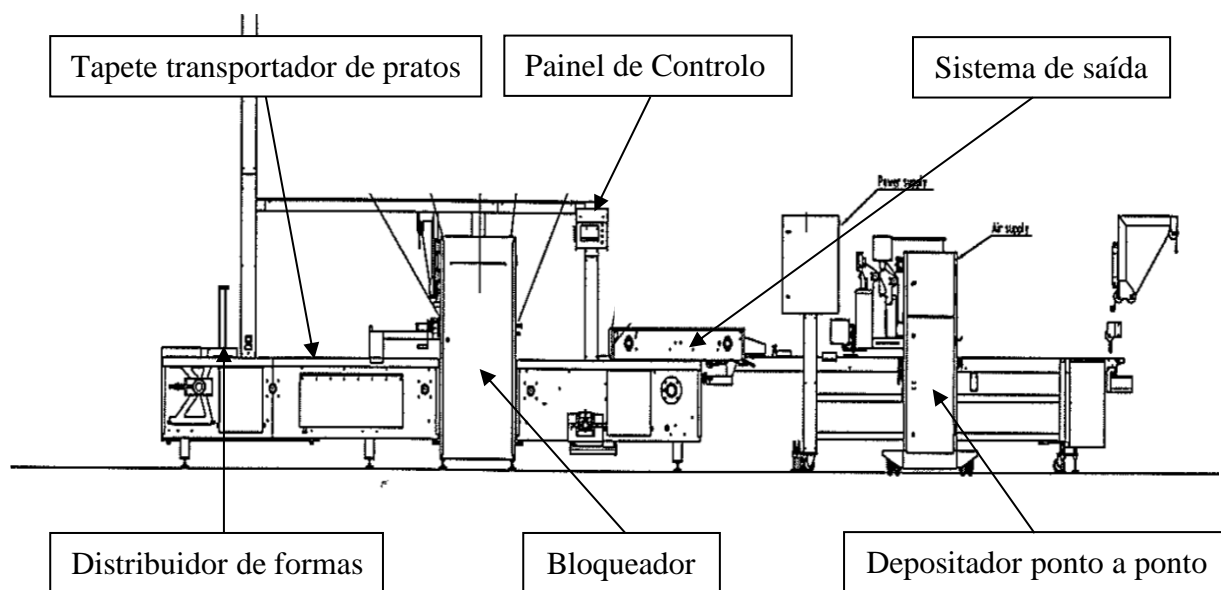


Figura 4.13. – Disposição das principais unidades constituintes da Rademaker I (adaptado de Rademaker, 2008).

De uma forma análoga à Rademaker II, os parâmetros de trabalho das unidades da Rademaker I são controlados através de um painel de controlo táctil colocado junto ao bloqueador. Estes encontram-se organizados em diferentes menus referentes às diferentes unidades.

A produção de empadas e de pastéis de nata por meio da Rademaker I envolve algumas tarefas manuais: a colocação das peças de massa no interior das formas de alumínio e a recolha dos produtos finais no final da linha (com ou sem colocação manual de tampas). Deste modo, o funcionamento da Rademaker I necessita da colaboração de 8-9 operários distribuídos no início e no final da linha.

Dado que a forma de alumínio que serve de recipiente para as diversas empadas é idêntica à que serve de recipiente aos pastéis, não existe a necessidade constante de troca de moldes para a moldagem dos copos de massa entre produções.

4.3.1. Tapete transportador de pratos

O tapete transportador de pratos constitui o meio de transporte das formas de alumínio com os quadrados ou caracóis de massa (dependendo da produção) até ao bloqueador. Cada prato apresenta duas fiadas de sete orifícios com 6,75 cm de diâmetro onde as formas são colocadas. Estas são conduzidas ao longo da linha por um movimento intermitente, sendo imobilizadas no decurso de cada movimento de moldagem. Os pratos são imobilizados de modo a que os orifícios das formas fiquem exactamente alinhados sobre os contra-moldes do bloqueador. Durante o momento de bloqueio, a posição dos pratos é validada com o auxílio de um sensor de proximidade.

4.3.2. Depositador de formas

As formas de alumínio são colocadas nos orifícios dos pratos por um distribuidor de formas montado no início do tapete transportador. Como não existe nenhuma unidade para o efeito, as peças de massa necessitam de ser colocadas manualmente dentro das formas.

Durante a produção de pastéis e empadas, os caracóis e os fundos de massa folhada não são colocados no interior das formas de alumínio com a mesma orientação. Os caracóis são colocados com um dos lados espiralados voltado para cima, ou seja, virado para o molde. Em contraste, os fundos são colocados com a base assente na forma, sendo que as camadas da massa folhada estão orientadas perpendicularmente aos moldes. Deste modo, o processo de moldagem tem um impacto destrutivo na folhagem dos copos de massa que constituem as empadas. Contudo, esta situação é prevista e desejada pela empresa.

O depositador é constituído essencialmente por um conjunto de sete reservatórios colocados sobre o tapete e por uma placa com ventosas acoplada a um elevador interno (*Figura 4.14.*). Este elevador sobe quando o tapete é bloqueado e a posição do prato é validada pelo sistema de verificação. As ventosas produzem um vácuo que segura uma forma por reservatório. O movimento descendente do elevador coloca cada forma no respectivo orifício do prato.



Figura 4.14. – Depositador de formas.

4.3.3. Bloqueador e sistema de saída

Os copos são moldados no bloqueador por meio das peças de massa. A unidade é constituída principalmente por moldes acoplados a vigas móveis e por contra-moldes montados sobre um suporte acoplado a um elevador pneumático (*Figura 4.15.*). As vigas móveis possuem eixos guia que alcançam os pratos antes dos moldes formarem os copos de massa. Os moldes do bloqueador são aquecidos por água quente proveniente de uma caldeira, sendo possível o ajuste da temperatura destes.

O processo de bloqueio ocorre após a chegada dos pratos ao bloqueador. Este é caracterizado por dois movimentos distintos que ocorrem em simultâneo: pela descida dos moldes e pela subida do suporte com os contra-moldes. A realização deste conjunto de movimentos apenas ocorre após o procedimento de verificação da posição do prato. Após a sua descida, os moldes mantêm-se na posição inferior durante um período de tempo regulável. Este período designa-se por “tempo de bloqueio”. Os moldes do bloqueador possuem um sistema de injeção de ar que circula entre o copo de massa e a parte inferior dos moldes de forma a não aderirem à superfície. O início e a duração de funcionamento dos sopradores são dois parâmetros ajustáveis no painel de controlo. Posto isto, o processo de formação dos copos está relacionado com o “tempo de bloqueio” e com o ajuste destes dois parâmetros. Os moldes e os contra-moldes regressam à posição inicial após a formação dos copos de massa. Os contra-moldes possuem um sistema de vácuo que segura firmemente as diferentes formas durante o movimento descendente. O

movimento dos pratos recomeça e uma nova fiada de peças de massa por processar alinha-se com o sistema de moldagem.



Figura 4.15. – Fileira de moldes e contra-moldes que constituem o bloqueador. As características e dimensões destes componentes foram desenhadas pela *Rademaker BV* de acordo com as especificações de produção requisitadas.

As formas de alumínio são removidas dos pratos através de um sistema de saída composto por um elevador com sete vigas que elevam os produtos até uma prateleira de transferência. Em dois ciclos, um sistema de eixos rotativo coloca os produtos na prateleira e transfere-os para o seguinte tapete de transporte. Algumas das formas apresentam defeitos e são removidas à saída deste sistema por um operador. As formas com os copos que não apresentam problemas são encaminhadas para a última unidade da linha, o depositador ponto a ponto.

4.3.4. Depositador ponto a ponto

Os copos de massa são recheados continuamente à medida que atravessam o depositador. Esta unidade é composta principalmente por uma tremonha aquecida e por um sistema de oito válvulas rotativas, oito cilindros pneumáticos e oito injectores. Contudo, somente sete componentes de cada conjunto se encontram em utilização actual uma vez que o sistema de saída prévio origina fileiras de sete copos de massa alinhados transversalmente ao tapete (*Figura 4.16.*).

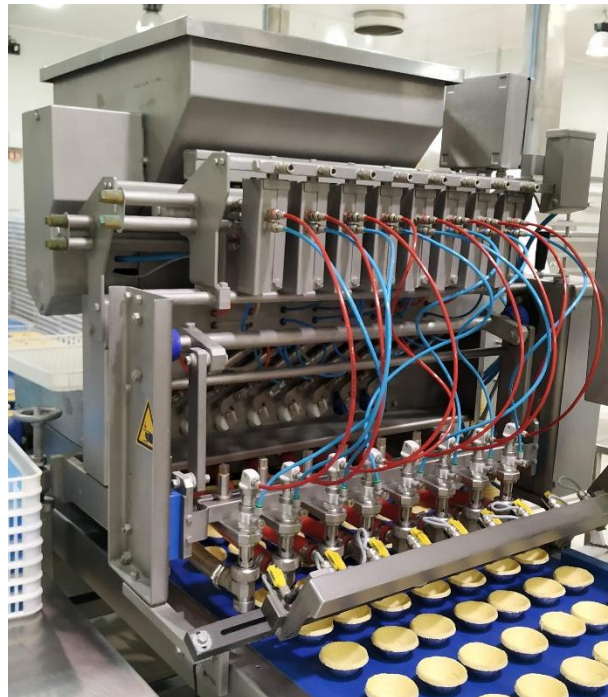


Figura 4.16. – Depositador ponto a ponto em funcionamento. O conjunto de cilindros pneumáticos não é visível na ilustração.

A tremonha desta unidade é carregada com o auxílio de uma bomba que transfere o recheio desde caixotes até ao interior do recipiente. Esta é equipada com uma pá rotativa que mantém as partículas de maior peso em suspensão. O sistema de válvulas rotativas abre e fecha continuamente os canais de fluxo entre a tremonha e os cilindros pneumáticos e entre estes e os injectores. Quando os canais entre a tremonha e os cilindros se encontram abertos, os pistões dos cilindros puxam recheio da tremonha e enchem os respectivos cilindros. Após esta operação, estes canais são fechados e os canais entre os cilindros e os injectores abrem. O depositador é equipado com um sensor de detecção de produto que envia um sinal no momento em que os copos de massa se alinham com os diferentes injectores. Este sinal activa os pistões dos diferentes cilindros que injectam o recheio para o interior dos copos de massa através dos injectores. A quantidade de recheio injectada é controlado via uma válvula lateral que

influencia a distância que os pistões dos cilindros percorrem. Uma maior distância de acção induz a transferência de uma maior quantidade de recheio da tremonha para os diferentes cilindros, e consequentemente para os copos de massa.

No caso da produção de empadas, os copos de massa recheados são selados manualmente com tampas de massa por operadores que se encontram colocados no final da linha de produção. Estes mesmos operadores colocam o produto final dentro de tabuleiros que são reencaminhados em carros para os túneis de congelação para realizarem os ciclos de congelação (-30 °C, durante 60 minutos).

Capítulo V

Análise e Levantamento de Métodos

5. Análise das linhas de produção

Após o levantamento da informação sobre o funcionamento e parâmetros de trabalho respectivos às unidades automáticas, procedeu-se à análise das metodologias implementadas na produção dos pastéis de nata e empadas. Respondendo a um dos problemas inicialmente referidos, esta etapa iniciou-se com a criação de uma instrução de trabalho relativa às diversas etapas produtivas que constituem a fase de empratamento destes produtos. De uma forma sucinta, esta instrução descreve os tempos e métodos das seguintes fases:

- **Antes de iniciar a produção** – Além dos ingredientes, esta secção expõe os documentos/registos e elementos que são necessários transportar para o Hall 2 antes de se iniciar a produção. Adicionalmente, outros aspectos relacionados com a operação e preparação da Rademaker II e I são mencionados, estes sendo:
 - Higienização rápida das superfícies.
 - Acionamento da maquinaria e selecção de receitas.
 - Preparação das respectivas unidades da Rademaker II para a produção do respectivo alimento:
 - Colocação da margarina na bomba de gordura.
 - Colocação da farinha nos farinadores, após ser peneirada.
 - Colocação manual das respectivas unidades da Linha Universal necessárias para a confecção de cada produto, explicitando com o auxílio de ilustrações as distâncias e ângulos que estas devem de apresentar.
 - Preparação das respectivas unidades da Rademaker I para a produção do respectivo alimento:
 - Colocação dos bazarucos com recheio na linha de produção.
 - Montagem da bomba de recheio e enchimento do depósito da doseadora.
- **Durante a produção** – Esta secção explicita os cuidados a ter ao longo da linha de produção. Estes estão relacionados com a fluidez e com a qualidade do processo produtivo, destacando os pontos das linhas de produção e as unidades manuais da Rademaker II e I que necessitam de ser verificadas regularmente. Outros aspectos mencionados nesta secção descrevem operações manuais que necessitam de ser realizadas e os processos de controlo tais como:
 - Desligar e ligar a Rademaker II caso seja necessário alterar algum aspecto da linha ou na eventualidade da ocorrência de uma mensagem de erro.
 - Operação do elevador que coloca a massa base na tremonha do cortador.

- Métodos para reaproveitamento de aparas
- Autocontrolo da produção:
 - Controlo de temperatura da massa e margarina.
 - Margarina e aparas adicionadas na confecção da massa base.
 - Relação entre o peso total/margarina e registo do valor dos parâmetros capazes de a afectar.
- Registo dos pesos e controlo de produção das peças de massa folhada e do produto final.

A criação deste documento provou ser uma estratégia óptima para a realização de uma análise progressiva de todo o processo produtivo. Foi possível expor e registar algumas discrepâncias à medida que se ia recolhendo informação para a criação de tal documento. Desta forma, realçaram-se quatro aspectos que foram alvo de observação e estudo:

- Controlo das condições de produção
- Qualidade de produção da Rademaker II
- Receitas implementadas para a produção de peças de massa folhada
- Métodos de reaproveitamento de aparas

5.1. Controlo das condições de produção

A confecção de produtos à base de massa folhada enquadra um elevado nível de rigor na preparação e pesagem dos diversos ingredientes e na realização das diferentes etapas produtivas. De forma a que ocorra uma produção fluída e de forma a garantir a homogeneidade do produto final, é necessário evitar que se realizem alterações constantes no processo produtivo. Para tal, torna-se essencial o controlo de alguns métodos e condições capazes de afectar a qualidade do produto final.

Os elementos capazes de influenciar a qualidade da fase de empratamento, e consequentemente do produto final, encontram-se retratados na *figura 5.1*. Como é possível verificar neste diagrama, o processo em geral dispões de vários pontos de controlo implementados pela empresa. Relativamente à qualidade dos ingredientes utilizados na confecção da massa base, este é o único aspecto controlado previamente à produção, sendo realizado durante a chegada das matérias-primas aos respectivos cais de recepção (processo descrito no *subcapítulo 2.3. – Fluxograma de produção; pág. 31*). Os restantes pontos de controlo correspondem a métodos que são implementados no decorrer das produções. Todavia, dois aspectos críticos capazes de causar oscilações no processo não são controlados. Estes são a temperatura da massa base e a temperatura da margarina.

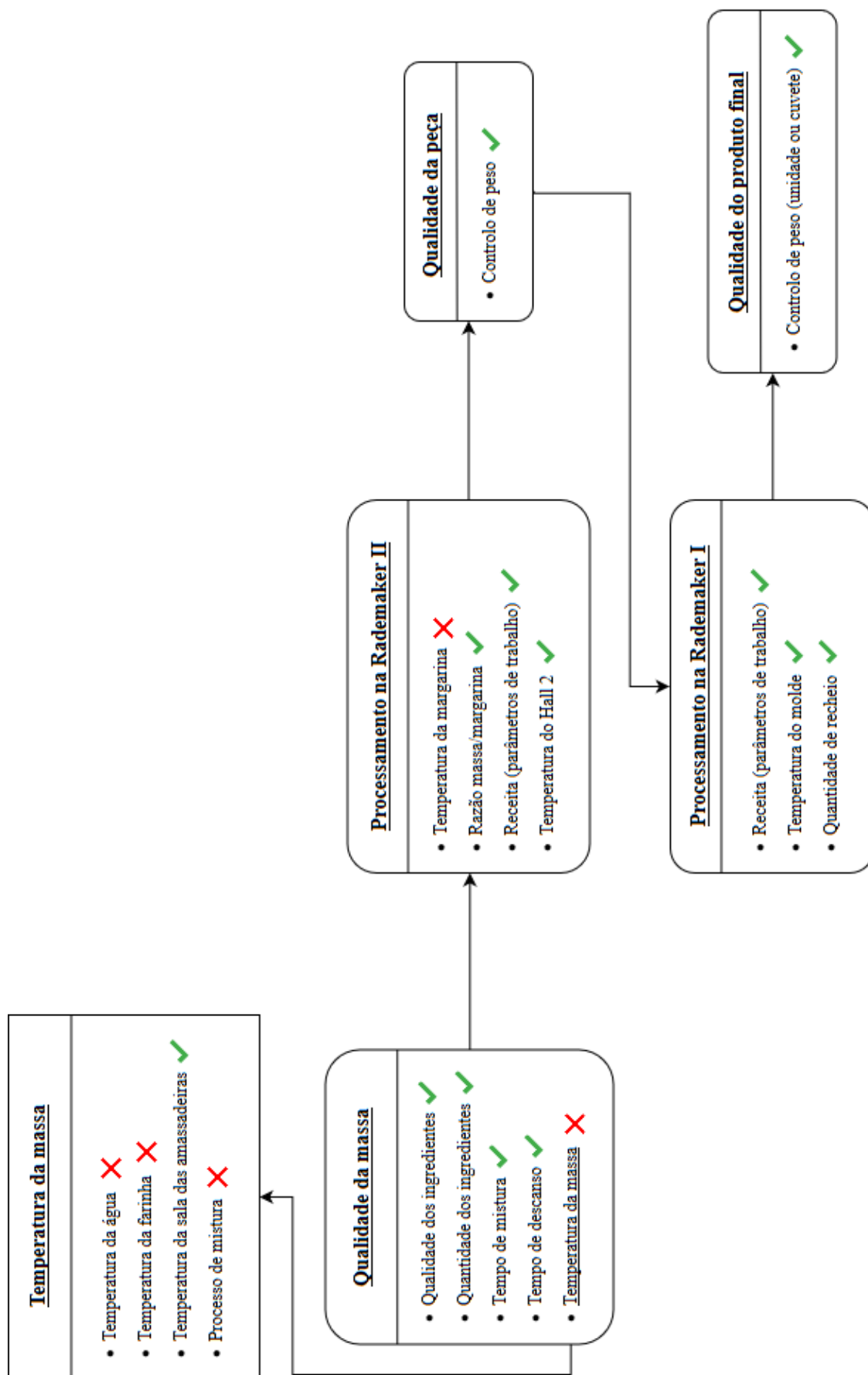


Figura 5.1. – Esquema dos diferentes elementos capazes de influenciar a qualidade do processo produtivo, e consequentemente dos produtos finais. A simbologia evidenciada na figura distingue os pontos que actualmente são alvo de controlo dos que não são.

5.1.1. Controlo das temperaturas

5.1.1.1. Temperatura da massa

Como descrito na figura 5.1., a temperatura final da massa base é influenciada por quatro aspectos cruciais:

- Temperatura da sala onde ocorre o processo de confecção.
- Factor de fricção (temperatura adicionada pela natureza do processo de mistura).
- Temperatura da água.
- Temperatura da farinha.

De todos estes factores, o único que se encontrava parcialmente controlado é a temperatura da sala das amassadeiras. É importante enunciar que esta sala não dispunha de nenhum sistema de controlo de temperatura, porém, ainda que não seja de uma forma directa, esta era modelada de acordo com a temperatura geral do Hall 2, recinto que por sua vez possuía um dispositivo de controlo. Dado que se encontrava localizada no seu interior, a temperatura da sala das amassadeiras não oscilava mais que 1-2 °C em relação à temperatura do Hall 2. Esta era programada para rondar os 18 - 20 °C, temperatura óptima para o processamento da massa folhada. Porém, posto que o sistema de controlo de temperatura era desligado durante o período nocturno, as primeiras doses de massa base podiam estar a ser confeccionadas a temperaturas ambiente diferentes em diferentes meses do ano.

Apesar de não ser possível controlar, a temperatura da massa aumentava devido a forças de fricção e à formação das redes de glúten. Este aumento de temperatura constitui o factor de fricção e era igual para todas as confecções de massa base uma vez que são realizadas na mesma amassadeira e com recurso ao mesmo programa de mistura.

A água era obtida directamente da rede de distribuição de água de Almada e introduzida na confecção da massa base através de um canal associado a um contador. A farinha era armazenada no armazém de matérias-primas secas, que de uma forma análoga, não possuía nenhum dispositivo de controlo de temperatura, sendo movida para a linha no dia de produção com a temperatura que apresentar.

Embora não seja controlada, as temperaturas das massas eram registadas manualmente nos autocontrolos das produções. Estes documentos permitiram analisar as temperaturas das massas base de 42 produções que envolveram a produção de massa folhada entre fevereiro e julho (*Figuras 5.2 e 5.3.*).

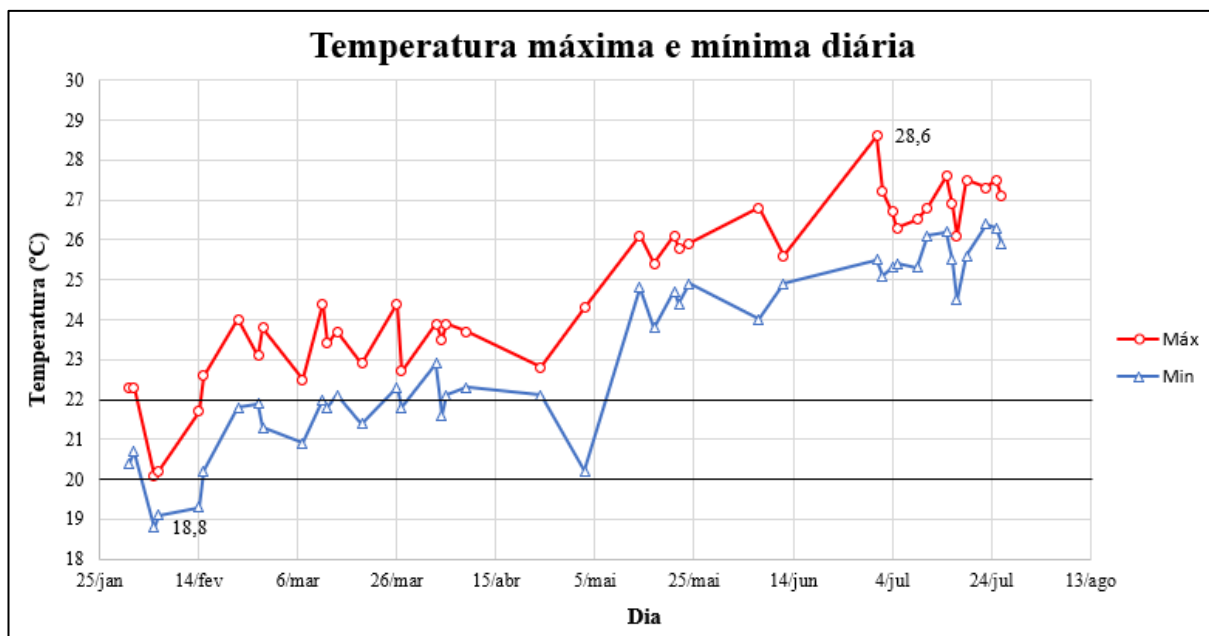


Figura 5.2. – Espectro de temperaturas máximas e mínimas da massa base entre várias produções. Os valores apresentados são resultado da avaliação de 42 produções independentes com várias leituras por produção. As linhas horizontais representam a gama de temperaturas aceitável definidas para a massa base.

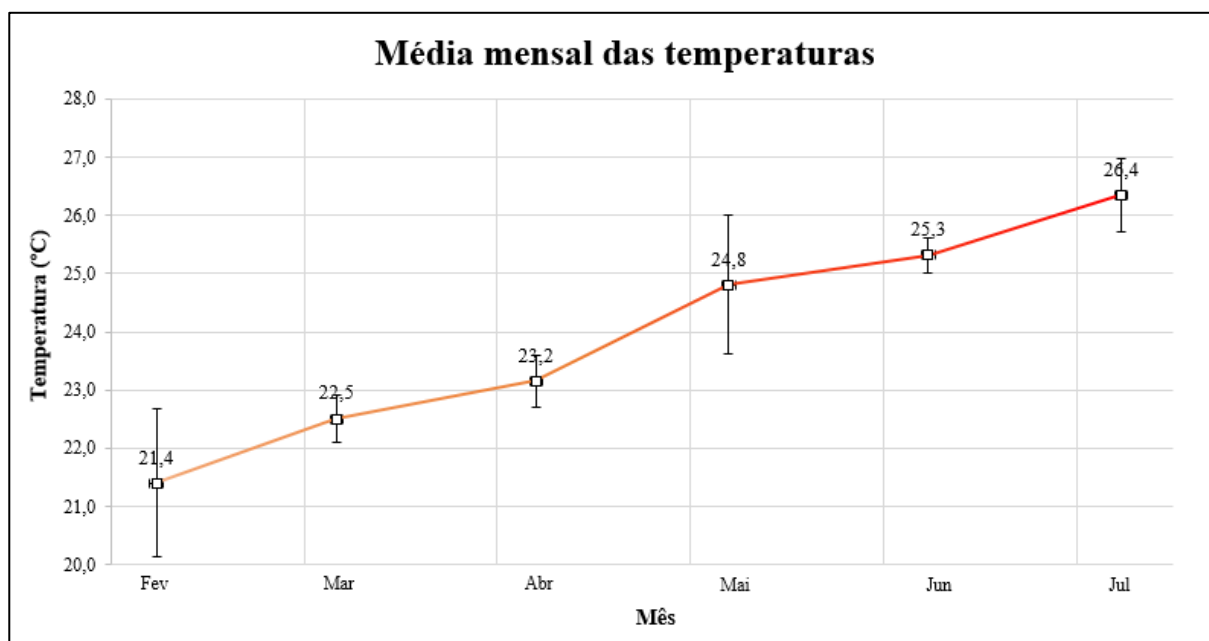


Figura 5.3. – Médias mensais das temperaturas das massas base. Os desvios padrão encontram-se representados na figura.

O espectro da *figura 5.2.* destaca as oscilações de temperatura da massa base existentes entre cada produção. É possível verificar que as condições de trabalho associadas a este elemento não são constantes ao longo do tempo.

Das 42 produções realizadas, 32 apresentaram massas cuja variação de temperatura não excedeu os 2 °C dentro da própria produção, sendo que a média foi de $1,6\text{ °C} \pm 0,7$. Contudo, todas as produções apresentaram massas base com temperaturas fora da gama aceitável estabelecida (20 – 22 °C). Isto indicou-nos que, apesar de se encontrarem fora do aceitável, a temperatura das massas manteve-se razoavelmente constante no decorrer da maioria das produções. Além do mais, as massas apresentam uma variação de temperatura geral exorbitante entre os meses frios e quentes. A diferença entre a temperatura mais alta e mais baixa que a massa apresentou entre os meses de fevereiro e julho alcança os 10 °C. Massas com esta diferença de temperatura apresentam propriedades viscoelásticas muito distintas, comprometendo a qualidade da produção caso a receita se mantenha inalterada ao longo do tempo.

Adicionalmente, a análise da *figura 5.3.* permitiu-nos averiguar que a média da temperatura da massas confeccionadas aumentou 1 °C por mês, transitando de 21,4 °C para um valor excessivo de 26,4 °C. Este valor poderá aumentar com a chegada do mês de agosto e de temperaturas mais elevadas. Temperaturas elevadas comprometem o processo de laminagem e a qualidade das camadas devido a diferenças na consistência entre a massa e a margarina. Massa com temperaturas altas torna-se menos robusta, rasgando quando esticada nos laminadores juntamente com a margarina. Além do mais, massa quente tende a aderir mais às diferentes unidades de processamento.

Posto isto, é possível verificar que a temperatura da massa base encontrava-se condicionada a factores externos à empresa, nomeadamente às condições climáticas dos dias anteriores à produção. Devido à falta de controlo, condições térmicas adversas eram capazes de afectar a temperatura da água e da farinha utilizada na confecção da massa base, que por sua vez afectavam a fluidez da produção e a qualidade do produto final.

Em todo o caso, recomendou-se a instalação de um sistema de controlo de temperatura da água. Como explicado anteriormente, a água pode servir como regulador de temperatura da massa final, mas apenas se for controlada. Nestas condições, era possível estimar a temperatura a que se devia adicionar a água de modo a que se obtivesse uma massa base com determinada temperatura.

Este método baseava-se em cálculos que incluíam a temperatura das quatro condicionantes, realizando-se da seguinte forma (Haegens, 2014):

Primeiramente, calcula-se a temperatura adicionada pelo factor de fricção. Para tal, regista-se a temperatura da sala, da água e da farinha a utilizar na confecção de uma dose de massa. Posteriormente, confecciona-se a massa e, do mesmo modo, regista-se a temperatura final. Após a obtenção destes dados, multiplica-se a temperatura da massa por três, valor equivalente ao número de variáveis que afectam a temperatura da massa à parte da água. A este valor subtrai-se as temperaturas das condicionantes registadas e obtém-se o factor de fricção. Hipoteticamente, nas seguintes condições, o factor de fricção será:

- Temperatura da sala – 21,4 °C
- Temperatura da farinha – 22,2 °C
- Temperatura da água – 24,8 °C
- Temperatura final da massa – 26,8 °C

Cálculos:

1. $26,8\text{ °C} \times 3 = 80,4\text{ °C}$
2. $80,4\text{ °C} - (21,4\text{ °C} + 22,2\text{ °C} + 24,8\text{ °C}) = \underline{12\text{ °C}}$

Depois de se obter o factor de fricção, torna-se possível calcular a temperatura da água a adicionar em diferentes condições. Os cálculos baseiam-se na mesma noção. Multiplica-se o valor da temperatura da massa desejada por três e subtrai-se o valor das temperaturas registadas das restantes condicionantes, mas neste caso, em vez da temperatura da água, subtrai-se o factor de fricção. Usando os dados do exemplo anterior:

- Temperatura da sala – 21,4 °C
- Temperatura da farinha – 22,2 °C
- Factor de fricção – 12 °C
- Temperatura final da massa desejada – 20 °C

Cálculos:

3. $20\text{ °C} \times 3 = 60\text{ °C}$
4. $60\text{ °C} - (21,4\text{ °C} + 22,2\text{ °C} + 12\text{ °C}) = \underline{4,6\text{ °C}}$ (temperatura da água)

Este método, adaptado ao contexto industrial, apresentava ser uma ferramenta interessante que os operários podiam utilizar de modo a produzir massas com temperaturas constantes e dentro da gama definida (20 – 22 °C), ainda que as condicionantes apresentassem discrepâncias entre produções.

O controlo de temperatura da água permitia solucionar o problema da variação térmica da massa base acima descrito e da alteração de parâmetros que o podia acompanhar, constituindo uma produção de maior qualidade e a confecção de produtos com um maior grau de homogeneidade. Caso seja fosse implementado, recomendou-se também a alteração dos documentos do autocontrolo de produção de forma a incluir o registo das temperaturas da água, farinha e da sala de confecção.

5.1.1.2. Temperatura da margarina

A margarina é um ingrediente essencial na produção das camadas que caracterizam a massa folhada. A sua consistência, um factor fundamental para a qualidade das etapas de laminagem, está associada às suas características intrínsecas e à temperatura de trabalho utilizada. Contudo, a temperatura da margarina também não era controlada devido às suas condições de armazenamento. Após recepção, a margarina era armazenada no armazém de matérias-primas secas. Como evidenciado anteriormente, este armazém não possuía nenhum sistema de controlo de temperatura. Consequentemente, a margarina era transportada para a linha no dia de produção com diferentes temperaturas modeladas de acordo com as condições térmicas ambientais.

Além das temperaturas das massas confeccionadas, a temperatura da margarina também era registada nos autocontrolos de produção, tendo sido possível analisar o perfil térmico da margarina ao longo das produções que ocorreram entre fevereiro e julho (*Figuras 5.4 e 5.5*). A variação de temperatura da margarina utilizada em 34 das 42 produções (81 %) não excedeu os 2 °C, sendo que a média foi de $1,7\text{ °C} \pm 1,9$. Neste caso, com o auxílio da *figura 5.4*, foi possível verificar que a margarina utilizada em 7 destas 34 produções variou dentro da gama aceitável estabelecida (18 – 20 °C).

De uma forma idêntica, a margarina apresentava uma variação de temperatura geral entre a temperatura mais alta e mais baixa que ultrapassa os 10 °C. Margarinas com estas diferenças de temperaturas apresentam consistências muito distintas. De notar que os dois valores mais baixos apresentados na *figura 5.2.*, referentes a produções em que alguma da margarina utilizada apresentou uma temperatura de 9 °C, foram resultado de problemas logísticos. Após a entrada do mês de junho, de forma a conter o efeito de possíveis condições térmicas elevadas, optou-se por mobilizar o armazenamento da margarina para uma câmara refrigerada programada com uma temperatura de 5 °C onde são armazenadas outras matérias-primas. Adicionalmente, implementou-se uma nova instrução de trabalho para garantir que a margarina fosse movida para a linha em cada dia de produção com a temperatura desejada. Para tal, esta devia de ser retirada da câmara refrigerada e movida para o armazém de matérias-primas secas dois dias antecedentes a cada produção. Estimou-se que o modo em como esta se encontra empacotada permitia um aquecimento gradual, atingindo a temperatura desejada no final

deste período de tempo. Contudo, no caso destas duas produções, existiram algumas irregularidades e a margarina não foi retirada da câmara antecipadamente ou nas devidas quantidades, tendo sido necessário ir buscar mais à câmara.

A análise da *figura 5.5.* permitiu-nos verificar que além das temperaturas da massa base, a temperatura da margarina também tende a aumentar nos meses mais quentes.

Caso fosse possível, recomendou-se a instalação de uma câmara com temperatura controlada para o próprio armazenamento da margarina. Deste modo, reduziam-se as oscilações de temperatura que esta apresenta entre cada produção. O método implementado baseava-se numa estimativa e não obtinha resultados assegurados e constantes, sendo de carácter temporário até que as temperaturas ambientais retornassem a descer. A instalação de uma câmara controlada garantia temperaturas constantes e a entrada de uma margarina na linha de produção com condições óptimas ao processamento, assegurando a obtenção de um produto final constante e de boa qualidade.

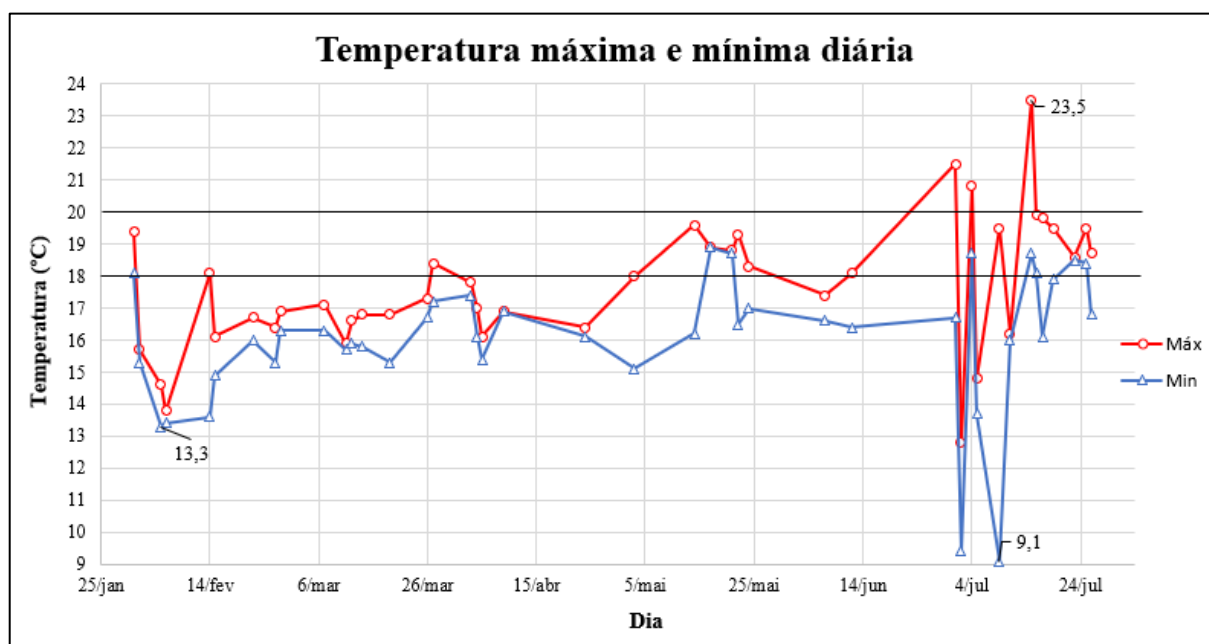


Figura 5.4. – Espectro de temperaturas máximas e mínimas da margarina entre várias produções. Os valores apresentados são resultado da avaliação de 42 produções independentes com várias leituras por produção. As linhas horizontais representam a gama de temperaturas aceitável definidas para a margarina.

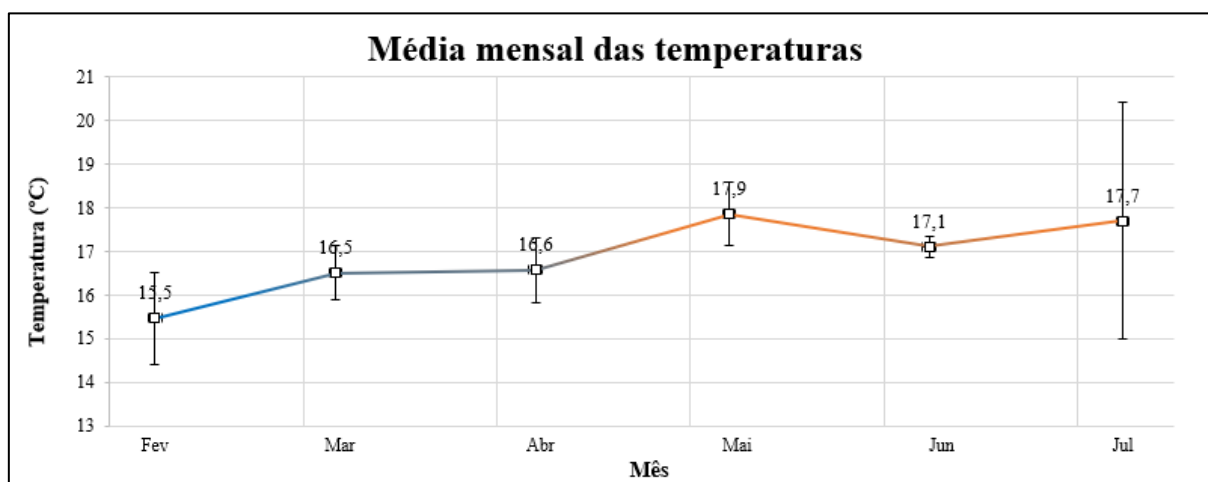


Figura 5.5. – Médias mensais das temperaturas da margarina. Os desvios padrão encontram-se representados na figura.

5.1.1.3. Razão peso total / margarina

A quantidade de margarina introduzida na formação das camadas influencia as características organolépticas e o grau de folhagem do produto final. Se a quantidade colocada for muito superior aos valores definidos na gama aceitável, o produto final irá apresentar uma textura e aparência oleosa, sendo complementada por um sabor ceroso intenso. Se a quantidade colocada for muito inferior, o grau de folhagem e expansão do produto fica comprometida. Como tal, visto ser um aspecto crucial, a relação entre o peso da margarina e da massa total é controlada. Atualmente, a janela dos valores aceitáveis não permite uma variação superior a 1 %.

O controlo desta relação era realizado de uma forma manual várias vezes por produção. Para se obter estes valores, o invólucro de massa formado pela aranha metálica após a bomba de gordura era cortado de modo a que se obtivesse uma parcela com 8-10 cm de comprimento. Posteriormente, realizava-se a pesagem da parcela na sua íntegra e da margarina presente no seu interior, após esta ser retirada manualmente, com o auxílio de uma balança de bancada que possuía um erro de medição associado de 1 g. A obtenção destes pesos permitia calcular a percentagem de margarina que compunha a massa folhada.

Contudo, este método de controlo estava associado a algumas desvantagens que afectavam a produção. O corte efectuado na folha de massa introduzia uma lacuna que tinha que ser acompanhada ao longo do processamento na Rademaker II para garantir que não causasse distúrbios no processamento, especialmente nos dobradores e nos laminadores / calibradores. No caso da produção de caracóis, o enrolamento das tiras de massa nos rolos cónicos da linha universal tinha de ser recomeçado

com assistência manual. Estas tarefas ocupavam a atenção de um dos operários da linha que podia ser desviada para outras tarefas a cumprir. Adicionalmente, alguns centímetros da folha de massa posicionada após e antes da lacuna não produziam peças de massa com peso aceitável, sendo posteriormente descartadas, aumentando a quantidade de desperdício gerada.

Após a observação de várias produções de empadas e pastéis de nata, averiguou-se que uma das principais fontes de alterações de parâmetros aplicados na Rademaker II derivavam deste controlo. Pequenas variações nos valores das percentagens, inclusive dentro da janela estreita de valores aceitáveis, constituíam pretexto para realizar alterações justificadas em apenas dois parâmetros da bomba de gordura: na velocidade da bomba e na espessura da margarina. Contudo, após o estudo do funcionamento da Rademaker II, verificou-se que existem outros dois parâmetros capazes de influenciar a quantidade de margarina colocada sobre a folha de massa: o torque da bomba de gordura e a velocidade da produção em geral. Apesar de ser um sistema em cascata, a alteração deste último parâmetro não influenciava o funcionamento da bomba de gordura. Deste modo, mais lenta era a velocidade de produção, mais lento era o movimento da folha de massa na secção I, sendo que uma maior quantidade de margarina era colocada e maior era o valor da relação e vice-versa. Assim sendo, ambos foram adicionados ao documento do autocontrolo de produção de forma a serem alvo de registo.

Visando uma produção mais fluída, decidiu-se verificar se a realização destas pequenas alterações realmente constituíam uma necessidade produtiva capaz de influenciar a quantidade de margarina colocada pela bomba de gordura.

Preliminarmente, examinou-se a consistência das dimensões da folha de massa e margarina à saída das respectivas unidades ao longo das produções. Apesar das espessuras serem reguláveis, a largura de ambas as folhas é fixa de acordo com as características intrínsecas do extrusor e da bomba de gordura. Posto isto, estudou-se a possibilidade da quantidade de massa e margarina ser influenciada por discrepâncias nas larguras das folhas. Para tal, com o auxílio de uma régua metálica de 50 cm e de um paquímetro digital com uma gama de medição de 0,01 mm, realizaram-se medições manuais de hora em hora em 4 produções distintas que permitiram o cálculo das larguras das folhas de massa (*Tabela 5.1.*).

A análise das medições permitiu-nos verificar que a formação de ambas as folhas de massa e margarina ocorria de uma forma estável e consistente ao longo das produções, obtendo-se folhas de largura expectáveis de acordo com as especificações da Rademaker II. Posto isto, decidiu-se realizar as 5 produções subsequentes sem realizar qualquer alteração nos parâmetros da unidade de forma a quantificar a variação da relação massa/margarina associada com o funcionamento fixo da bomba de gordura.

Tabela 5.1. – Médias das larguras das folhas de massa e margarina em quatro produções independentes. Os valores obtidos também permitiram calcular a posição do centro das folhas em relação a um dos lados do tapete de transporte.

Dia	Largura da folha de massa (cm)	Largura da folha de margarina (cm)	Centro da folha de massa (cm)	Centro da folha de margarina (cm)
15/03	55,57±0,26	23,14±0,16	33,07±0,18	32,81±0,11
19/03	55,45±0,32	22,98±0,35	31,92±0,19	31,85±0,14
26/03	54,85±0,45	22,38±0,41	31,99±0,50	31,89±0,47
27/03	55,13±0,27	22,79±0,1	33,07±0,14	33,00±0,11

Sem qualquer alteração de parâmetros, a média das diferenças dos valores máximo e mínimo registados em cada produção foi de $1,68 \pm 0,29$ %. Este valor indicou-nos que o funcionamento da bomba de gordura com o método de controlo manual implementado dispõe de uma variação padrão natural que influencia a relação massa/margarina até 2 %, sendo que as alterações realizadas pelos operadores de linha eram ineficazes em termos de impacto produtivo.

Posto que, no decorrer de uma produção normal, a variação da relação massa/margarina expectável é de 2 %, recomendou-se a alteração do controlo aplicado na produção de forma a que a janela dos valores aceitáveis permitisse no mínimo uma variação inferior e superior de 1 % em relação ao valor objectivo.

5.1.1.4. Controlo de peso

Os controlos de produção da Rademaker II e I eram realizados com recurso a pesagens. As balanças utilizadas eram capazes de pesar eficazmente objectos com um mínimo de 20 g e com um máximo de 3 kg, possuindo um erro de leitura na ordem de 1 g. Os elementos definidos a controlar eram:

- **Rademaker II**

Peças de massa – Variação aceitável de 1g em relação ao peso objectivo. Caso os produtos apresentassem um peso fora do intervalo definido, estes eram reaproveitados com as aparas geradas na secção III ou deitados fora caso o reaproveitamento não fosse possível. Adicionalmente, os parâmetros de trabalho da secção III e da guilhotina eram alterados de forma a compensar a quebra superior ou inferior do peso.

- **Rademaker I**

Recheio depositado pelos injectores - Variação aceitável de 1 g em relação ao peso objectivo. A pesagem era realizada com o auxílio de uma forma ou de um pedaço de plástico (pesado previamente) que era colocado sob qualquer um dos injectores. No caso de os injectores não depositarem a quantidade de recheio desejada, a unidade era reajustada de modo a compensar a quebra.

Produto final – A variação aceitável que os produtos finais da Rademaker I podiam apresentar era estruturada de acordo com as gamas de variação aceitável aplicadas às diferentes pesas de massa e recheio. Por outras palavras, no caso dos pastéis de nata, a soma dos pesos mínimos que os caracóis e o recheio podiam apresentar definiam o peso mínimo que os pastéis podiam apresentar, sendo que a soma dos pesos máximos que os caracóis e o recheio podiam apresentar definiam o peso máximo que os pastéis podiam apresentar. A mesma lógica aplicava-se para as empadas e para as suas diferentes peças de massa. No caso de empratamento ser realizado em cuvetes, também se realizava uma pesagem adicional de uma cuvette preenchida com produto na totalidade em cada momento de controlo. No caso de os produtos finais apresentarem um peso fora da gama aceitável, estes eram descartados.

Ambos os controlos das peças de massa e do recheio eram aplicados de forma a corrigir erros que fossem capazes de afectar os pesos do produto final ainda durante a produção. Deste modo, prevenia-se que uma grande quantidade de produto final chegasse à etapa de embalagem com pesos indesejados derivados de problemas que poderiam ter sido corrigidos durante o decorrer da produção, evitando-se um aumento da quantidade de produto descartado por ausência ou excesso de peso e uma diminuição do rendimento total de produção.

A pesagem era realizada e registada três vezes por cada dia de produção, sendo que as horas e os tempos não eram definidos. Deste modo, os controlos eram realizados aleatoriamente ao longo da produção, não existindo uma estratégia bem definida.

Apesar da produção ser de larga escala (cerca de 8000 pastéis de nata e 2200 empadas por hora), os diferentes elementos eram pesados de uma forma unitária, sendo que, por exemplo, apenas uma peça de massa e uma empada / pastel era pesada e registada em cada controlo. O número de amostragem não era suficiente para se perceber a consistência e qualidade da produção em geral devido à sua escala, sendo que este devia de ser aumentado. Para mais, as balanças utilizadas nas pesagens possuíam um erro de leitura de 1 g, o mesmo valor da variação aceitável em relação ao peso objectivo respeitante às peças de massa e ao recheio. Deste modo, se o peso apresentado na balança fosse equivalente ao mínimo ou máximo aceitável, o elemento podia na realidade possuir um peso fora do intervalo aceitável ou

equivalente ao objectivo. Adicionalmente, o peso apresentado por uma tampa de massa era inferior a 20 g, o peso mínimo exibido pela balança.

Nesta situação recomendou-se o aumento do número da amostragem nos controlos de peso da Rademaker II. Isto podia ser realizado com o aumento da amostragem por pesagem de 1 para 10 com o uso das mesmas balanças, sendo o erro associado dividido por um número maior de amostras. Também se podia adquirir balanças com um erro de leitura menor que permitissem a leitura correta do peso de cada peça singular, sendo que o número de pesagens teria de ser aumentado também para 10.

Adicionalmente, apesar do controlo ser programado para se realizar três vezes por produção, os operários realizavam mais pesagens para além do definido. Deste modo, várias alterações dos parâmetros de trabalho da Rademaker II podiam estar a ser realizadas por produção devido a pesagens incorretas e talvez excessivas. Tornou-se necessário definir uma estratégia de controlo concreta em que a frequência se encontrasse bem estabelecida ao longo da produção. Para tal, no caso dos caracóis de massa, foi primeiro necessário averiguar a variação associada ao funcionamento normal da Rademaker II.

Utilizaram-se 9 produções de caracóis de massa empregues na produção de pastéis de nata com 65g em que os parâmetros de trabalho se mantiverem inalterados ao longo da produção para a recolha destes dados. Nas primeiras três produções, realizaram-se pesagens de meia em meia hora com 10 amostras de cada fila de caracóis desde o início ao fim da produção. Nas produções subsequentes, o método de pesagem foi idêntico, mas realizado de hora em hora uma vez que se averiguou que não era necessário realizar pesagens com tanta frequência devido à consistência da produção.

Este método de pesagem foi empregue de forma a repartir o erro de leitura da balança por um maior número de amostras. Contudo, deste modo, não foi possível obter o desvio padrão dos caracóis de cada pesagem visto que a pesagem singular de cada caracol estaria associado a um grande erro de leitura capaz de fornecer dados incorretos. As médias de cada produção e os seus respectivos desvios padrão encontram-se identificados na *tabela 5.2*.

Tabela 5.2. – Média das pesagens dos caracóis de massa com 50 g em 9 produções independentes. Os valores nas casas das dezenas e centenas foram alterados por serem dados particulares da produção da Eurofrozen S.A. Contudo, esta alteração de nada afecta os resultados e as relações que estes mantiveram entre si.

Dia	Média das pesagens por produção	
	Fila 1 (g)	Fila 2 (g)
26/02	499,30±3,48	498,00±1,60
12/03	509,80±4,11	507,30±1,89
19/03	510,30±4,01	508,30±6,37
26/03	508,10±3,01	505,10±6,47
03/04	511,60±4,00	508,40±6,00
03/05	504,00±6,30	503,00±8,49
04/07	508,80±3,49	504,00±4,85
05/07	500,50±4,15	497,50±3,77
09/07	504,30±8,06	498,70±4,19

Em condições inalteradas, os pesos dos caracóis de massa variaram entre 0,2 - 1 g por produção, sendo que a média de variação de ambas as filas foi cerca de $0,5 \pm 0,2$ g. Estes resultados indicaram-nos que os caracóis obtidos podem variar em peso na ordem de 0,5 g durante o funcionamento normal da Rademaker II, não sendo anómalo se forem obtidos produtos com quase 1 g de diferença ao longo de algumas produções. É possível que o valor da média da variação possa ser minimizado após as temperaturas da massa base e da margarina empregue na linha sejam controladas.

Além da variação expectável, as pequenas diferenças de peso entre as duas filas em cada produção podem ser atribuídas a pequenos desalinhamentos dos cortadores rotativos da linha universal. Folhas de massa com larguras diferentes possuem diferentes quantidades de massa quando enroladas, gerando caracóis com ligeiras diferenças de peso na guilhotina mecânica.

Sendo que não existe uma variação substancial no peso dos caracóis de massa ao longo das produções, recomendou-se o ajuste da frequência e do método de controlo para as seguintes condições:

- **Frequência** – de hora em hora desde o início da produção.
- **Variação aceitável** – 1 g do valor objectivo.
- **Alterações nos parâmetros de trabalho** – Caso os pesos não se encontrem em conformidade, registar as alterações nos parâmetros efectuadas de forma a compensar a quebra.
- **Amostragem por controlo** – 10 caracóis de massa.

Não foi possível realizar o mesmo estudo com as produções de empadas e pastéis de nata de 55 g por falta de dados. Estas produções foram realizadas em menores quantidades em comparação com as produções de pastéis de nata de 65 g. Contudo, devido às semelhanças, estimou-se que estes resultados se podem aplicar nas produções de pastéis de nata de 55 g.

5.2. Rademaker II – Qualidade de produção

A visualização do funcionamento da Rademaker II durante momentos de produção revelou algumas unidades e métodos que necessitavam de alguns ajustes.

Com a finalidade de poupar tempo de produção, uma dose de massa base era confeccionada antes do período de almoço. Deste modo, a produção retornava mais rapidamente após o fim deste período, não existindo uma lacuna temporal em que os operários aguardariam pela confecção de uma dose de massa, encontrando-se esta já preparada. Contudo, a massa confeccionada descansava durante 1 hora exposta ao ar antes de voltar a ser manuseada. Esta situação secava a dose de massa, que passava a apresentar características diferentes e um processamento de qualidade inferior, em troca da economização de 7 – 15 min de tempo de produção. Esta prática impossibilitava a obtenção de peças de massa com características constantes, sendo que o tempo economizado também não era substancial de forma a afectar profundamente o tempo total de produção.

A qualidade do invólucro de massa formado após a bomba de gordura era um detalhe fundamental para o processo de laminagem no primeiro laminador. Como explicitado no *subcapítulo 4.2.1.3. – Aranha / rolos guia, pág.46*, a dobra que originava o invólucro tinha que ficar ligeiramente sobreposta, sendo que a saliência resultante era homogeneizada por um rolo de pressão. Se a dobra variasse ao longo da produção, ou seja, se a sobreposição não fosse constante, o invólucro iria apresentar diferentes quantidades de massa em diferentes pontos transversais após se movimentar pelo rolo de pressão. Consequentemente, a folha de massa iria apresentar distúrbios à saída do laminador uma vez que o invólucro não fornecia quantidades de massa transversalmente constantes. Adicionalmente, as incoerências entre a temperatura da massa base e da margarina provocavam discrepâncias nas consistências, reduzindo a qualidade da laminagem. Devido ao uso e período de utilização, o sistema ajustável da aranha com os rolos guia apresentava algum desgaste, existindo uma ligeira folga no equipamento. Como tal, a unidade movia ocasionalmente de posição. Deste modo, caso não fosse acompanhada, a dobra era formada de uma forma desigual, sendo que o lado com maior quantidade de massa rasgava até alcançar a margarina incorporada após o laminador (*Figura 5.6.*).

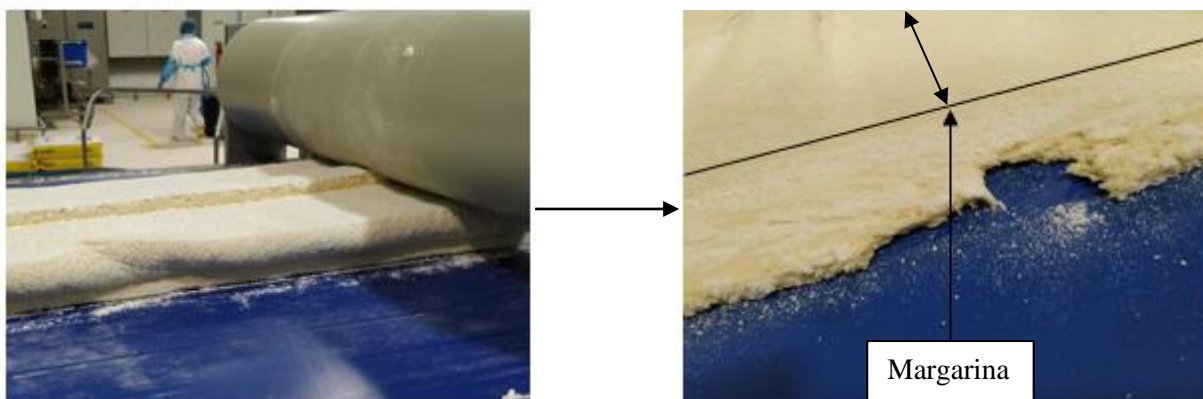


Figura 5.6. – Qualidade da massa após o primeiro laminador caso a formação do invólucro seja realizado de uma forma heterogênea. Teoricamente, neste caso, a consistência da margarina era superior à da massa base.

A diminuição da posição do controlador de saída resolvia o problema transversal. Contudo, esta começava a formar ondas no centro devido à consistência superior que a folha apresentava no centro devido ao conjunto da margarina / massa base.

Em ambos os tipos de produções, o número de voltas colocadas por ambos os dobradores verticais não correspondia ao programado. Apesar do número introduzido corresponder ao desejado, geralmente obtinha-se um maior número de camadas ou uma sobreposição excessiva devido ao valor elevado do parâmetro “correção do número de camadas”. Deste modo, ajustando-se em sintonia os restantes parâmetros, este valor foi reduzido nas devidas proporções para cada produção de forma a que se obtivessem as camadas desejadas sobrepostas de uma forma óptima.

Outro aspecto que cativou a nossa atenção foram as dimensões dos caracóis de massa. Estas apresentavam valores superiores em comparação com a base das formas de alumínio empregues na Rademaker I. Posto isto, os caracóis eram ligeiramente moldados de forma a acomodar uma estrutura mais favorável à colocação nas formas (*Figura 5.7.*). O grau de influência da calcagem exercida sobre os caracóis de massa na consistência do produto final após a etapa de moldagem automática não era conhecido. Levantou-se assim a hipótese da realização deste estudo na futuridade e, dependente dos resultados, do desenvolvimento de uma receita de parâmetros de trabalho que originasse caracóis de massa com dimensões que permitissem uma colocação homogênea pelas formas de alumínio.



Figura 5.7. – Caracóis de massa colocados no interior das formas de alumínio previamente à etapa de moldagem automática na Rademaker I.

5.3. Rademaker II – Receitas

Em 2013, um problema relacionado com a memória da Rademaker II provocou a eliminação de todas as receitas previamente introduzidas. Existindo uma ausência parcial de registos, apenas foi recolocado três receitas base que eram alteradas para cada tipo de produção no próprio dia. Estas alterações eram realizadas com base na memória da encarregada de linha, sendo que as mesmas eram semelhantes entre cada produção, mas não totalmente idênticas. Adicionalmente, o início da produção era ligeiramente atrasado por uns momentos devido à recolocação de todos os parâmetros necessários.

Decidiu-se verificar se as pequenas diferenças nos parâmetros de trabalho, em particular na espessura da folha de massa à saída do último calibrador e no comprimento do corte, estavam a afectar substancialmente as dimensões dos caracóis de massa empregues na produção de pastéis de nata de 65 g. Para tal, de cada 10 caracóis utilizados por pesagem, recolhiam-se três amostras e realizaram-se medições com um paquímetro digital com uma gama de medição de 0,01 mm (*Tabela 5.3.*).

Tabela 5.3. – Média das dimensões dos caracóis de massa com 50 g em 8 produções independentes. Os valores nas casas das dezenas foram ocultados devido a serem dados particulares da produção da Eurofrozen S.A. Contudo, esta alteração de nada afecta os resultados e as relações que estes mantiveram entre si.

Dia	Fila 1			Fila 2		
	Altura (mm)	Largura (mm)	Comprimento (mm)	Altura (mm)	Largura (mm)	Comprimento (mm)
12/03	5,04±0,33	5,59±0,97	1,76±0,73	4,74±0,24	3,67±1,01	3,91±0,31
19/03	2,95±0,28	5,91±1,31	4,79±1,96	2,56±0,29	5,03±0,63	5,47±0,61
26/06	4,05±0,47	4,35±1,04	4,22±0,59	3,98±0,51	3,97±1,14	4,67±0,58
03/04	4,82±0,26	4,90±1,22	2,36±0,71	4,66±0,23	4,68±0,71	2,56±1,10
03/05	4,76±0,77	4,17±0,58	3,39±0,57	5,35±0,43	4,97±0,61	2,33±0,70
04/07	4,34±0,69	3,65±1,77	2,28±0,62	3,57±0,90	4,28±1,70	2,31±0,97
05/07	4,29±0,69	2,09±1,25	3,45±0,89	3,77±0,59	4,98±1,63	2,00±0,73
09/07	4,54±1,01	4,52±0,64	1,50±0,46	4,25±0,89	5,52±0,48	1,00±0,76

O valor da altura do caracol está intrinsecamente correlacionado com o valor do comprimento do corte da guilhotina. Deste modo, no que refere aos caracóis de massa, o valor deste parâmetro coincide com o valor da altura do produto final. Como os dados das amostras recolhidas referiram a produções independentes cujos parâmetros não foram alvo de alterações no decorrer do período de produção, foi possível averiguar que a média da variação da dimensão dos produtos finais associados ao funcionamento da guilhotina equivale a $0,5 \pm 0,3$ mm.

Apesar de não existirem diferenças significativas no que concerne os pesos, os valores das larguras e comprimentos dos caracóis variaram desde 1 a 3 mm entre si nas produções estudadas. Isto indicou-nos que a variação dos parâmetros de trabalho realizava-se de uma forma que gerava produtos finais com pesos dentro da gama de variação aceitável, mas com dimensões ligeiramente diferentes.

Tendo em vista a produção de caracóis de massa com dimensões que apresentassem um menor grau de variação e a economia do tempo gasto no início de cada produção na programação da Rademaker II, guardaram-se 4 receitas referentes à produção de peças de massa empregues na produção de pastéis de nata e empadas, estabelecendo-se uma base de trabalho que pode vir a sofrer alterações após as condicionantes da produção previamente mencionadas passarem a ser alvo de controlo.

Além desta temática, também se reparou que os parâmetros de trabalho utilizados na produção de caracóis de massa empregues na produção de caracóis de massa de 55 g apresentavam largas dissemelhanças comparativamente aos parâmetros inicialmente utilizados após a instalação de ambas as linhas automáticas em 2008. Apesar de ser para um caracol com 1 g de diferença, a receita criada pelo técnico especialista da *Rademaker BV* apresentava diferenças inexplicadas. Deste modo, realizaram-se três testes com recurso aos parâmetros originais, adaptando-os para a obtenção de caracóis de massa que

cumpriam os requisitos atuais da empresa. Contudo, mais testes tinham de ser realizados antes de se conseguir obter caracóis de qualidade, e consequentemente resultados.

5.4. Reaproveitamento de aparas

A produção de massa folhada não apresentava um rendimento de 100 %. Ocorria a formação de aparas, que caso não fossem reaproveitadas, eram consideradas desperdício e descartadas. O reaproveitamento das aparas geradas na linha de produção constituía um processo que reduzia os custos de produção e o desperdício total.

Como explicitado anteriormente, as aparas eram reaproveitadas na confecção de novas doses de massa base ou na produção de folhas de massa num laminador mecânico que eram utilizadas exclusivamente na produção de quadrados de massa.

5.4.1. Confecção de doses de massa base

A análise da receita utilizada para o reaproveitamento de aparas na confecção de novas doses de massa base expôs dois problemas:

- A quantidade de aparas utilizada não igualava a quantidade total de margarina necessária para a confecção de uma dose de massa base.
- A receita de reaproveitamento baseava-se na substituição integral da margarina por aparas, sendo que não se adaptava as quantidades adicionadas dos restantes ingredientes, ou seja, a massa base confeccionada através do reaproveitamento de aparas apresentava sal, água e farinha em excesso.

Posto isto, reestruturou-se a receita de forma a equilibrar os rácios dos ingredientes através da adição suplementar de aparas e da redução das quantidades dos restantes ingredientes adicionados nas devidas quantidades. Posteriormente, testou-se a receita e recolheram-se amostras para validação através de testes organolépticos. Para tal, comparou-se uma dose de massa confeccionada através da receita de reaproveitamento de aparas reestruturada com doses de massa confeccionadas de acordo com a receita original e com a receita de reaproveitamento de aparas implementada.

A massa confeccionada através da receita reestruturada apresentou as qualidades e consistência habituais, o que permitiu o seu processamento habitual na Rademaker II. Recolheram-se seis amostras de pastéis de nata derivados de caracóis de massa das diferentes receitas e foram analisados em prova

sensorial para verificar a possível existência de discrepâncias entre os produtos (*Figura 5.8.*). As amostras foram preparadas num forno a 250 °C durante 14-18 min.



Figura 5.8. – Amostras de pastéis de nata utilizadas na prova sensorial. Estes foram confeccionados com recurso a massa folhada obtida através de diferentes receitas (de cima para baixo – receita sem aparas; receita de reaproveitamento de aparas habitual e receita de reaproveitamento de aparas reestruturada).

De uma forma geral, estas não apresentaram diferenças que fossem perceptíveis pelo consumidor. Deste modo, decidiu-se implementar a nova receita em produção.

A nova receita de reaproveitamento de aparas trazia vantagens em termos de consumos. A sua implementação poupava cerca de 30 kg de farinha e 15 L de água por produção. Adicionalmente, gastava-se mais 50 kg de aparas, reduzindo substancialmente o desperdício inutilizado.

5.4.1. Quadrados de massa

A folha de massa utilizada na produção dos quadrados de massa que constituíam os copos das empadas era sempre cortada na guilhotina, mas a jusante podia vir de duas origens diferentes:

- Da Rademaker II, em que a laminagem e as dobras eram feitas na linha autónoma e a folha de massa era composta por massa base “virgem”.
- Do laminador mecânico, em que as dobras eram feitas à mão e a laminagem ocorria no laminador. A massa era composta exclusivamente por aparas.

O reaproveitamento de aparas no laminador mecânico provocava distúrbios na produção de empadas, que doutro modo poderia ser mais fluida. A constante troca entre o tipo de produção e a maquinaria envolvida, derivada de uma grande quantidade de aparas gerada, provocava pequenos atrasos e distúrbios que poderiam ser resolvidos caso o processo fosse mais automatizado. Deste modo, caso fosse possível desenvolver uma receita específica e otimizada para a produção de quadrados de massa através de aparas remisturadas na amassadeira, não só se tornaria a produção mais fluída e constante, como se retirava um esforço físico acrescido (transporte de uma grande quantidade de massa pesada entre linhas) sobre os operários, que deste modo poderiam redirecionar a sua atenção para as restantes tarefas.

Contudo, verificou-se que a mistura exclusiva de aparas na amassadeira desenvolvia uma massa base com características viscosas indesejáveis. Posto isto, decidiu-se terminar o desenvolvimento desta temática.

Capítulo VI

Conclusões

6. Conclusões

Constatou-se que o fabrico de produtos à base de massa folhada realizado na Eurofrozen S.A. é um processo complexo que apresenta algumas variáveis que carecem de controlo. A variabilidade das temperaturas dos ingredientes introduzidos na linha de produção parece ser um obstáculo à optimização dos parâmetros de trabalho introduzidos na Rademaker II, e à obtenção de um produto homogéneo ao longo do período de produção anual. Uma produção estável, sem a necessidade de alteração de parâmetros, só pode ser concretizada após controlo destas condicionantes, reduzindo a variação introduzida no sistema produtivo.

Os conhecimentos obtidos sobre o funcionamento geral das linhas autónomas e parâmetros de trabalho associados podem ser aplicados, de uma forma geral, na optimização de outras receitas e produções associadas à produção de massa folhada, não sendo conhecimentos exclusivos da produção de pastéis de nata e empadas. De notar que esta optimização envolve melhorias de carácter evolucionário, sendo que pequenas alterações aplicadas nas diversas unidades irão influenciar profundamente o sistema produtivo ao longo do tempo.

O problema que surgiu na memória virtual da Rademaker II demonstrou a importância da implementação de registos associados às receitas dos diferentes produtos. Bastante informação relacionada com alterações realizadas nos parâmetros de trabalho de diversos produtos desde 2008 até aos dias de hoje foi estabelecida como perdida. Adicionalmente, o registo e o estudo de discrepâncias constitui uma ferramenta que pode ajudar na resolução de problemas que possam ocorrer no futuro.

Bibliografia

ANIL. (2018, Outubro 03). *Refeições prontas... prontas para as refeições!*. Acedido a Julho 10, 2019, de <https://www.anilact.pt/info/actual/nutricao/item/2634-refeicoes-prontas-prontas-para-as-refeicoes>

Anjum, F. M., & Walker, C. E. (1991). Review on the significance of starch and protein to wheat kernel hardness. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 56(1), 1-13.

APCER. (s.d.). *ISO 9001*. Acedido a Julho 19, 2019, de <https://www.apcergroup.com/pt/certificacao/pesquisa-de-normas/81/iso-9001>

Bahrin, M. A. K., Othman, M. F., Azli, N. N., & Talib, M. F. (2016). Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. *Jurnal Teknologi*, 78(6-13), 137-143.

Bhamu, J., & Singh-Sangwan, K. (2014). Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(7), 876-940.

Bongers, P., & Almeida-Rivera, C. (2011). Dynamic modelling of the margarine production process. In *Computer Aided Chemical Engineering* (Vol. 29, pp. 1301-1305). Elsevier.

Cauvain, S. P., & Young, L. S. (2006). *Baked products: science, technology and practice*. Oxford, UK: Blackwell.

Deligny, C., & Lucas, T. (2015). Effect of the number of fat layers on expansion of Danish pastry during proving and baking. *Journal of Food Engineering*, 158, 113-120.

ECSIP consortium. (2016). The competitive position of the European food and drink industry. *Final Report. European Commission*.

Figoni, P. (2011). In *How baking works: Exploring the fundamentals of baking science*. Hoboken, N.J: John Wiley & Sons.

Finnie, S., & Atwell, W. A. (2016). Composition of commercial flour. In *Wheat Flour* (2th ed, pp. 31-48). American Association of Cereal Chemists, Inc (AACC).

FSSC. (s.d.). *Benefits of FSSC 22000*. Acedido a Julho 19, 2019, de <https://www.22000-tools.com/benefits-of-fssc.html>

Gisslen, W. (2012). Pastry Basics. In *Professional baking* (6th ed., pp. 315-352). New York, NY: John Wiley & Sons.

Google Maps. (2019). [Lote e instalações da Eurofrozen S.A.]. Acedido de <https://www.google.com/maps/@38.6489251,-9.1658308,362m/data=!3m1!1e3>

Haegens, N. (2014). Mixing, Dough Making, and Dough Make-Up. In *Bakery Products Science and Technology* (2th ed, pp. 309-324). Hoboken, N.J: John Wiley & Sons.

Hazelton, J. L., Desrochers, J. L., & Walker, C. E. (2003). Biscuits, Cookies, and Crackers|Chemistry of Biscuit Making.

Herath, D., & Henson, S. (2010). Barriers to HACCP implementation: evidence from the food processing sector in Ontario, Canada. *Agribusiness*, 26(2), 265-279.

Lagrain, B., Thewissen, B. G., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2007). Impact of redox agents on the extractability of gluten proteins during bread making. *Journal of Agricultural and food chemistry*, 55(13), 5320-5325.

Lefébure, É., Ronkart, S., Brostaux, Y., Béra, F., Blecker, C., & Danthine, S. (2013). Investigation of the influence of processing parameters on physicochemical properties of puff pastry margarines using surface response methodology. *LWT-Food Science and Technology*, 51(1), 225-232.

Lodgaard, E., Ingvaldsen, J. A., Aschehoug, S., & Gamme, I. (2016). Barriers to continuous improvement: perceptions of top managers, middle managers and workers. *Procedia CIRP*, 41, 1119-1124.

MacRitchie, F. (1984). Baking quality of wheat flours. In *Advances in food research* (Vol. 29, pp. 201-277). Academic Press.

McLean, R. S., Antony, J., & Dahlgaard, J. J. (2017). Failure of continuous improvement initiatives in manufacturing environments: a systematic review of the evidence. *Total Quality Management & Business Excellence*, 28(3-4), 219-237.

Ooms, N., Pareyt, B., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2016). Ingredient functionality in multilayered dough-margarine systems and the resultant pastry products: A review. *Critical Reviews in Food Science and nutrition*, 56(13), 2101-2114.

Ortolan, F., & Steel, C. J. (2017). Protein characteristics that affect the quality of vital wheat gluten to be used in baking: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(3), 369-381.

Pajin, B., Šoronja-Simović, D., Šereš, Z., Gyura, J., Radujko, I., & Sakač, M. (2011). Physicochemical and textural properties of puff pastry margarines. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(2), 262-268.

Panwar, A., Jain, R., Rathore, A. P. S., Nepal, B., & Lyons, A. C. (2018). The impact of lean practices on operational performance—an empirical investigation of Indian process industries. *Production Planning & Control*, 29(2), 158-169.

Paraschivescu, A. O., & Cotîrlet, P. C. (2015). Quality Continuous Improvement Strategies Kaizen Strategy--Comparative Analysis. *Economy Transdisciplinarity Cognition*, 18(1).

Psomas, E. L., & Kafetzopoulos, D. P. (2015). HACCP effectiveness between ISO 22000 certified and non-certified dairy companies. *Food Control*, 53, 134-139.

Radmaker BV (2008). Manual de peças

Rafeeqe, K. T., & Sekharan, N. (2018). Multiple food safety management systems in food industry: A case study. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 3(1), 37-44.

Rahman, M. S. & Velez-Ruiz, J. F. (2007). Food Preservation by Freezing. In Rahman, M. S. (Ed.), *Handbook of food preservation* (2th ed., pp.635-655). Boca Raton, FL: CRC press.

Renzetti, S., de Harder, R., & Jurgens, A. (2016). Puff pastry with low saturated fat contents: The role of fat and dough physical interactions in the development of a layered structure. *Journal of Food Engineering*, 170, 24-32.

Sanz, T., Salvador, A., & Hernández, M. J. (2017). Creep–Recovery and Oscillatory Rheology of Flour-Based Systems. In *Advances in Food Rheology and Its Applications* (pp. 277-295). Woodhead Publishing.

Schirmer, M., Jekle, M., & Becker, T. (2015). Starch gelatinization and its complexity for analysis. *Starch-Stärke*, 67(1-2), 30-41.

Shevkani, K., Singh, N., Bajaj, R., & Kaur, A. (2017). Wheat starch production, structure, functionality and applications—a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(1), 38-58.

Singh, J., & Singh, H. (2015). Continuous improvement philosophy—literature review and directions. *Benchmarking: An International Journal*, 22(1), 75-119.

Urade, R., Sato, N., & Sugiyama, M. (2018). Gliadins from wheat grain: An overview, from primary structure to nanostructures of aggregates. *Biophysical Reviews*, 10(2), 435-443.

Yang, M. G. M., Hong, P., & Modi, S. B. (2011). Impact of lean manufacturing and environmental management on business performance: An empirical study of manufacturing firms. *International Journal of Production Economics*, 129(2), 251-261.

Zaidel, D. A., Chin, N. L., & Yusof, Y. A. (2010). A review on rheological properties and measurements of dough and gluten. *Journal of Applied Sciences (Faisalabad)*, 10(20), 2478-2490.

Zobel, H. F. (1988). Molecules to granules: a comprehensive starch review. *Starch-Stärke*, 40(2), 44-50.